

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Patricia Cristiane de Souza

**DIRETRIZES PARA A CONSTRUÇÃO DE MEDIADORES SÓCIO-
CONSTRUTIVISTAS EM SISTEMAS DE APRENDIZAGEM
COLABORATIVA APOIADA POR COMPUTADOR**

Tese de Doutorado

Florianópolis

2003

Patricia Cristiane de Souza

**Diretrizes para a Construção de Mediadores Sócio-Construtivistas
em Sistemas de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por
Computador**

Tese de Doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito parcial para obtenção
do grau de Doutor em
Engenharia de Produção

ORIENTADOR: Prof. Dr. Raul Sidnei Wazlawick

Florianópolis

2003

Ficha Catalográfica

SOUZA, Patricia Cristiane

Diretrizes para a Construção de Mediadores Sócio-Construtivistas em Sistemas de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador. 2003. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, SC.

155 p. 29,7 cm

Tese de Doutorado - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC / PPGEPP – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

1. Sistema de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador, 2. Sistema Tutor Inteligente, 3. Aprendizagem por Resolução de Problema, 4. Mediador Sócio-Construtivista

Patricia Cristiane de Souza

**Diretrizes para a Construção de Mediadores Sócio-Construtivistas
em Sistemas de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por
Computador**

Esta tese foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia
de Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 30 de setembro de 2003.

Prof. Edson P. Paladini, Dr.

Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

Edla Maria Faust Ramos
Universidade Federal de Sta. Catarina

Marta Costa Rosatelli
Universidade Católica de Santos

Leandro José Komosinski
Universidade Federal de Sta. Catarina

Patrícia Cabral de A. Restelli Tedesco
Universidade Federal de Pernambuco

Luiz Fernando Jacintho Maia
Universidade Federal de Sta. Catarina

Raul Sidnei Wazlawick (orientador)
Universidade Federal de Sta. Catarina

AGRADECIMENTOS

Esta seção parece ser a mais prazerosa de fazer pois durante a sua confecção nos vem à mente aquelas lembranças dos momentos em que fomos amparados, que encontramos suporte nos amigos, na família, em Deus e até em pessoas que encontramos ao longo desta jornada. Mas, ao mesmo tempo, nos vem uma dificuldade: como demonstrar a nossa gratidão a todos aqueles que permanecem ao nosso lado? Àquele que dispendeu de seu tempo para confiar em nossa capacidade? Àquele que nos convidou a aceitar este desafio? Como então poderia me mostrar grata ao professor Raul S. Wazlawick? A ele meus sinceros agradecimentos, por todos estes anos de convivência, pelo crescimento intelectual e pessoal !!

Aos demais professores da UFSC, principalmente dos Programas de Pós-Graduação em Ciência da Computação e em Engenharia de Produção, meus agradecimentos pelos ensinamentos através das disciplinas e dos bate-papos no corredor do CTC.

E a Unirondon que há seis anos me convidou para fazer parte desta grande família? E me respondeu com palavras e atos a toda a expectativa que eu tinha em seu papel de instituição séria e comprometida com a qualidade da educação? Meus cumprimentos à Unirondon estão com certeza imersos na convivência diária de muito trabalho, dedicação e amizade!! A todos os membros desta grande família os meus sinceros agradecimentos!!

Para a Marta Rosatelli tenho no mínimo uma mensagem: “aprendi muito com o seu *style* mesmo em momentos totalmente *crowdeados*! Ah, lembrar de manter o *shape* no lugar também foi muito importante!”. Obrigada pelo apoio, pelos ensinamentos e, sem sombra de dúvida, pela amizade.

É engraçado como algumas pessoas sabem exatamente do que nós precisamos neste momento de estudo, às vezes de reclusão, às vezes de insegurança, e como eu mesma dizia nestes anos de doutoramento, de esclerose!! É isto mesmo. Muitas vezes eu repetia, eu estou ficando *esclerosada*!! Que Deus me perdoe pela infâmia

... Desta forma, meu muito obrigado a toda a minha família, pelas orações, telefonemas, cartas, e-mails e pelo carinho.

Vou ter que ser honesta em confidenciar a dificuldade em nomear todos os amigos, de Mato Grosso, de Santa Catarina, de São Paulo, do Paraná, ... Para todos vocês uma singela homenagem através da utilização de expressões que somente nós compreendemos por vivenciarmos, juntos, várias experiências de alegria, tristeza, decepção, conquista, ... Prefiro então acreditar que todos vocês sabem que há uma morada segura em *www.afina.com/around_the_world*. Obrigada também eu tenho que dizer às amigas catarinenses que me hospedaram durante este anos... E com certeza não vou me esquecer do companherismo que *subjaz* aos integrantes do LSC. *Que delícia !! Que coisa bem boa* ter tanta gente por perto, não é mesmo? Então agora que está *tudo de bom, me poupe os chucrutes, os Gildos e as Gildas e bora lá* continuar a viver!! Antes que isto aqui vire o *oh do coxipó!!* Enfim, agora que *tô sussu*, meu mais honesto e grandioso obrigado a todos vocês!!

“O que existe diante e atrás de nós é quase nada se comparado com o que existe dentro de nós. E quando trazemos para fora o que temos dentro de nós, milagres acontecem.” Henry David Thoreau.

RESUMO

SOUZA, Patricia C. **Diretrizes para a Construção de Mediadores Sócio-Construtivistas em Sistemas de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador.** 2003. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, SC.

Este trabalho situa-se na área de Informática na Educação trazendo contribuições específicas às áreas de Sistemas Tutores Inteligentes (STI) e de Sistemas de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador. Esta última, mais conhecida por *Computer Supported Collaborative Learning* (CSCL), constitui-se em um dos enfoques mais relevantes de pesquisa em Informática na Educação no momento atual.

Para tanto, este trabalho busca, através das técnicas e recursos de informática utilizados por estes sistemas (STI e CSCL), e por meio de uma abordagem apoiada pela teoria sócio-construtivista, define Diretrizes para a Construção de um Mediador Computadorizado embasado pela Teoria Sócio-Construtivista. O papel do mediador é inspirado no comportamento de um professor em sala de aula que segue a abordagem sócio-construtivista.

Nesta tese, o termo sócio-construtivismo adotado faz referência aos trabalhos de Vygotsky e de Piaget com influência dos Pós-Piagetianos. Para caracterizar tal perspectiva, é importante ressaltar que ela considera a aprendizagem como resultado de uma atividade interativa, do indivíduo com os objetos e com os outros (relação interpessoal), e que o amadurecimento de determinados conceitos não é igual para todos os indivíduos e está relacionado às oportunidades que o meio cultural lhes oferece. O professor, dentro desta perspectiva, pode ser visto como um membro mais amadurecido deste grupo de aprendizagem que media o processo interativo.

O enfoque central dado na elaboração das diretrizes é a interatividade. O aspecto interativo visto sob três ângulos: a interação aprendiz-aprendiz(es), a interação mediador-aprendiz(es) e a interação aprendiz-ambiente. A partir da elaboração das diretrizes, um Modelo para Mediação Sócio-Construtivista de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador é especificado. Sua principal funcionalidade é auxiliar o desenvolvimento de Sistemas de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador baseados na utilização do mediador.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador, Sistema Tutor Inteligente, Aprendizagem por Resolução de Problema, Mediador Sócio-Construtivista.

ABSTRACT

SOUZA, Patricia C. **Diretrizes para a Construção de Mediadores Sócio-Construtivistas em Sistemas de Aprendizagem Colaborativa.** 2003. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, SC.

This work is developed in the Computer Science in Education area, and brings contributions particularly to the areas of Intelligent Systems Tutoring (IST) and Computer Supported Collaborative Learning (CSCL). This last one consists in one of the most relevant approaches of research in Computer Science in Education nowadays.

Furthermore, this work searches through the techniques and resources of computer science used by these systems (IST and CSCL), and by means of an approach supported by the socio-constructivist theory, define guidelines for the construction of a Computer-based Mediator based on the Socio-Constructivist Theory. The role of the mediator is based on the behavior of a teacher in classroom that follows the approach of socio-constructivist theory.

In this thesis, the term socio-constructivism adopted refers to the works of Vygotsky and Piaget influenced, by the Post-Piagetians. In order to characterize such perspective, it is important to emphasize that it considers learning as a result of an interactive activity, of the individual with objects and with the others (interpersonal relation), and that the matureness of certain concepts is not equal for everyone and is related to the opportunities that the cultural environment offers them. In this perspective, the teacher may be seen as a more mature member of this learning group, which mediates the interactive process.

The central approach in the elaboration of the guidelines is the interactivity. The interactive aspect is analyzed under three angles: the interaction between learner-learner, the interaction between mediator-learners, and the interaction of learners-environment. Based on the elaboration of the guidelines, a Model for Socio-Constructivist Mediation of Computer Supported Collaborative Learning is specified. Its main functionality is to support the development of Computer Supported Collaborative Learning based on the use of a mediator.

KEYWORDS: Computer Supported Collaborative Learning, Intelligent Tutoring Systems, Problem Based Learning, Socio-Constructivist Mediator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	ORIGEM DO TRABALHO	20
1.2	OBJETIVOS.....	21
1.3	JUSTIFICATIVA	22
1.4	HIPÓTESES.....	24
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	24
2	SISTEMAS DE APRENDIZAGEM ASSISTIDOS POR COMPUTADOR	26
2.1	HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE APRENDIZAGEM ASSISTIDOS POR COMPUTADOR	26
2.2	SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES.....	28
2.2.1	<i>Conceituação</i>	<i>28</i>
2.2.2	<i>Estado da Arte.....</i>	<i>33</i>
2.2.3	<i>Análise Cognitiva dos Sistemas Tutores Inteligentes.....</i>	<i>37</i>
2.3	SISTEMAS DE APRENDIZAGEM COLABORATIVA APOIADA POR COMPUTADOR	40
2.3.1	<i>Conceituação</i>	<i>40</i>
2.3.2	<i>Suporte à Comunicação e à Colaboração</i>	<i>41</i>
2.3.2.1	Ferramenta de Chat	42
2.3.2.2	Ferramenta Whiteboard	45
2.3.2.3	Processo de Tomada de Decisão.....	46
2.3.2.4	Coordenação das Atividades	47
2.3.2.5	Coordenação do Tempo.....	48
2.3.3	<i>O Processo Interativo.....</i>	<i>48</i>
2.3.4	<i>Classificação dos Sistemas de Aprendizagem Colaborativa.....</i>	<i>49</i>
2.4	SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES COM ENFOQUE CONSTRUTIVISTA	51
2.5	SISTEMAS DE APRENDIZAGEM COLABORATIVA APOIADA POR COMPUTADOR COM ENFOQUE CONSTRUTIVISTA E SÓCIO-CONSTRUTIVISTA	58
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64

3	A ABORDAGEM SÓCIO-CONSTRUTIVISTA DE APRENDIZAGEM E A METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	66
3.1	CONTEXTUALIZANDO O TERMO SÓCIO-CONSTRUTIVISMO.....	66
3.2	O DESENVOLVIMENTO E A APRENDIZAGEM SEGUNDO A ABORDAGEM SÓCIO-CONSTRUTIVISTA	70
3.2.1	<i>A Relação entre Autonomia e Cooperação segundo Piaget</i>	<i>73</i>
3.2.2	<i>O Significado de Mediação para Vygotsky</i>	<i>74</i>
3.2.3	<i>O Papel do Professor</i>	<i>76</i>
3.2.4	<i>A Analogia entre o Papel do Professor e o Funcionamento do Mediador</i>	<i>77</i>
3.3	A APRENDIZAGEM ATRAVÉS DA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	78
3.3.1	<i>Compreendendo o que é um Problema</i>	<i>79</i>
3.3.2	<i>Tipos de Problemas.....</i>	<i>81</i>
3.3.3	<i>O Papel do Professor na Elaboração, Acompanhamento e Avaliação de Problemas</i>	<i>82</i>
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
4	DIRETRIZES PARA A CRIAÇÃO DE UM MEDIADOR SÓCIO-CONSTRUTIVISTA	86
4.1	O PAPEL DO MEDIADOR	87
4.2	MODELO DO MEDIADOR	88
4.3	ESTRATÉGIAS DE MEDIAÇÃO	90
4.3.1	<i>Comunicação</i>	<i>90</i>
4.3.2	<i>Participação na Resolução do Problema</i>	<i>91</i>
4.3.3	<i>Verificação de Ações Erradas</i>	<i>93</i>
4.3.4	<i>Análise da Solução Encontrada.....</i>	<i>94</i>
4.3.5	<i>Exemplos de Mensagens para as Estratégias de Mediação do Primeiro Tipo....</i>	<i>95</i>
4.3.6	<i>Estratégias de Mediação do Segundo Tipo</i>	<i>97</i>
4.4	FORMALISMO UTILIZADO PARA DESCREVER O MEDIADOR.....	99
4.4.1	<i>O Uso de Planejamento em Sistemas Tutores Inteligentes</i>	<i>100</i>
4.4.2	<i>Sistema de Planejamento do Mediador</i>	<i>102</i>

4.4.3	<i>Representação do Sistema de Planejamento do Mediador</i>	105
4.4.3.1	Comunicação	106
4.4.3.2	Participação na Resolução do Problema	108
4.4.3.3	Verificação de Ações Erradas	109
4.4.4	<i>Exemplificando o Funcionamento do Mediador</i>	110
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
5	MODELO PARA MEDIAÇÃO SÓCIO-CONSTRUTIVISTA DE APRENDIZAGEM COLABORATIVA	113
5.1	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	114
5.2	O PROCESSO DE APRENDIZAGEM COLABORATIVA	115
5.3	ARQUITETURA DO MODELO	116
5.3.1	<i>Modelo do Domínio</i>	117
5.3.2	<i>Modelo de Grupo.....</i>	119
5.3.3	<i>Modelo de Interação.....</i>	119
5.3.4	<i>Modelo do Mediador.....</i>	121
5.3.5	<i>Modelo Individual.....</i>	121
5.4	FUNCIONALIDADES DO MODELO.....	121
5.4.1	<i>Suporte à Comunicação e à Colaboração</i>	122
5.4.1.1	Ferramenta de Chat	122
5.4.1.2	Área da Lista de Participantes	123
5.4.1.3	Tomada de Decisão	123
5.4.1.4	Coordenação do Tempo.....	123
5.4.2	<i>Aspectos Tecnológicos.....</i>	124
5.5	VISLUMBRANDO UM CENÁRIO DE APRENDIZAGEM A PARTIR DO MODELO PROPOSTO..	125
5.5.1	<i>Contexto de Aprendizagem</i>	125
5.5.2	<i>Processo de Colaboração</i>	125
5.5.3	<i>Processo de Mediação.....</i>	125
5.5.4	<i>Solução do Problema</i>	126
5.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	126

6	APRESENTAÇÃO DO PROTÓTIPO	127
6.1	FUNCIONAMENTO DO COOLLAB	127
6.2	UMA SESSÃO DE TRABALHO COM O COOLLAB	129
6.3	O PROCESSO DE COLABORAÇÃO NO COOLLAB	132
6.4	O FUNCIONAMENTO DO MEDIADOR NO COOLLAB	132
6.4.1	<i>Comunicação</i>	<i>132</i>
6.4.2	<i>Participação na Resolução do Problema</i>	<i>133</i>
6.4.3	<i>Verificação de Ações Erradas</i>	<i>134</i>
6.4.4	<i>Análise da Solução Encontrada.....</i>	<i>135</i>
6.5	A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO AMBIENTE COOLLAB	135
6.5.1	<i>Classificação do CoolLab</i>	<i>136</i>
6.6	METODOLOGIA DE UTILIZAÇÃO DO COOLLAB.....	138
6.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
7	CONCLUSÕES.....	141
7.1	CONTRIBUIÇÕES	141
7.2	LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	143
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	144
	APÊNDICE A – LISTA DE SENTENCE OPENERS	155

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Arquitetura de um Sistema Tutor Inteligente Tradicional.....	29
Figura 2.2. Componentes de um STI adaptado da proposta de Self (1999).....	32
Figura 3.1. Relação Mediada (Oliveira, 2002, p. 27)	75
Figura 4.1. AFD da Comunicação	107
Figura 4.2. AFD Mínimo da Comunicação.....	107
Figura 4.3. AFD da Participação na Resolução do Problema.....	109
Figura 4.4. AFD da Verificação de Ações Erradas	110
Figura 5.1. Arquitetura do Modelo	117
Figura 5.2. Arquitetura do Modelo de Interação	119
Figura 5.3. Arquitetura do Modelo do Mediador	121
Figura 6.1. Interface Gráfica do CoolLab com visão externa da obra	129

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1. Principais Características dos Eletrotutores.....	59
Quadro 3.1. Lista “Como Resolver um Problema” (adaptado de Polya,1995)	81
Quadro 3.2. Alguns critérios que permitem transformar as tarefas escolares em problemas, em vez de simples exercícios Pozo (1998, p.161).....	83
Quadro 4.1. Exemplos de mensagens do mediador conforme as situações observáveis	96
Quadro 4.2. Exemplos de mensagens do mediador conforme o tipo de solicitação feita pelo usuário, adaptado de Polya (1995)	98
Quadro 4.3. Descrição PAGE do Agente Mediador, conforme proposto por Russell & Norvig (1995, p. 37).....	100
Quadro 4.4. Exemplo de um plano	105
Quadro 6.1. Classificação do CoolLab	137

LISTA DE SIGLAS

AFD	Autômato Finito Determinístico
AVC	Ambiente Virtual Colaborativo
BDI	Beliefs, Desires and Intentions
CAI	Computer Aided Instruction
CSCCL	Computer Supported Collaborative Learning
CVE	Collaborative Virtual Environment
DG	Dialogue Games
FSM	Finite State Machine
IA	Inteligência Artificial
IA-ED	Inteligência Artificial Aplicada à Educação
ICAI	Intelligent Computer-Assisted Instruction System
I-CSCCL	Intelligent Computer-Supported Collaborative Learning
ILE	Interactive/Intelligent Learning Environment
ITS	Intelligent Tutoring System
KH-ITS	Know-How - Intelligent Tutoring System
LC	Learning Companion
LCS	Learning Companion System
PAGE	Percepts, Actions, Goals, Environment
PBL	Problem Based Learning
P2P	Peer-to-peer
RV	Realidade Virtual
STI	Sistema Tutor Inteligente
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação

1 INTRODUÇÃO

A área de Informática na Educação tem evoluído em consonância com o surgimento e avanço de novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). A utilização das redes de computadores, principalmente a Internet, tem favorecido significativas mudanças tecnológicas nos mecanismos de apoio ao processo de ensino-aprendizagem. Com isto, percebe-se uma dissociação na relação direta que até então persistia, no uso do computador com o processo de ensino-aprendizagem individualizado para assumir uma nova conotação, visando à interação, à comunicação e à cooperação em experiências de intercâmbio de informações, produção de materiais de forma colaborativa e aprendizagem em grupo. Ou seja, o contexto da área de Informática na Educação tem se caracterizado atualmente pelo enfoque social.

Contudo, a massificação desenfreada do uso das TICs na educação sem um fundamento teórico sólido é preocupante. Pode-se abordar duas questões desafiantes: a primeira é saber adotar ou desenvolver aplicações computacionais que favoreçam um processo de construção de conhecimento, através de atividades efetivamente colaborativas. A segunda é ter em mente que o ponto central deve ser sempre a educação e não o meio no qual ela está sendo veiculada.

Este trabalho situa-se na área de Informática na Educação, através de um contexto de natureza ampla, mas também direcionada. Natureza ampla devido à interdisciplinaridade. Natureza direcionada, pois traz contribuições específicas às áreas de Sistemas Tutores Inteligentes (STI) e de Sistemas de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador. Esta última, mais conhecida por *Computer Supported Collaborative Learning* (CSCL), constitui-se em um dos enfoques mais relevantes de pesquisa em Informática na Educação no momento atual. Isto pode ser verificado pelo elevado índice de publicações pertinentes à área em Congressos Nacionais (Meiguins *et al.*, 2002; Perucia *et al.*, 2002; Pessoa *et al.*, 2002; Rosatelli *et al.*, 2002) e Internacionais (Cohen *et al.*, 2000; Jermann *et al.*, 2001; Miao & Haake, 2001; Veerman *et al.*, 1999; Wiley, 2001).

Para tanto, este trabalho busca através das técnicas e recursos de informática utilizados por estes sistemas (STI e CSCL), e por meio de uma abordagem apoiada por teorias pedagógicas propor diretrizes para mediar a interação em sistemas de aprendizagem colaborativa apoiada por computador.

1.1 Origem do Trabalho

Com o rápido e disseminado desenvolvimento de Sistemas de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador, estes nem sempre encontram-se respaldados por uma fundamentação teórica condizente. Por vezes, fica a impressão de que a urgência em atender à demanda por avanços nesta área de pesquisa, deixa de atender à necessidade de reflexão sobre quais práticas pedagógicas, de fato, favorecem os processos de aprendizagem cooperativa apoiada por computador.

A elaboração das diretrizes adveio do objetivo de caracterizar e delimitar uma abordagem para a construção de CSCL fundamentados pelo paradigma sócio-construtivista.

O referencial sócio-construtivista de educação (Garnier *et al.*,1996; Molina & Azevedo, 2002; Silva, 2000) leva em conta o desenvolvimento das estruturas cognitivas do aluno na sua interação com os objetos e com os outros, e também que esse desenvolvimento está relacionado com as oportunidades que o meio cultural lhe oferece.

O foco neste referencial está em oposição ao comportamentalismo, e reflete uma evolução da fundamentação teórica de outros trabalhos na área de informática na educação de mesma autoria (Souza, 1997; Souza, 2000). Pois na concepção empirista, que tem o comportamentalismo como sua maior expressão, o centro do aprendizado concentra-se no objeto de conhecimento. Já na concepção interacionista (que tem como precursores Piaget, Vygotsky e Brunner) o centro da aprendizagem não está nem no sujeito e nem no objeto de conhecimento, mas na interação entre eles.

Conforme enfatizado por Azenha (1997, p.22), “A solução da origem e processo do conhecimento, para Piaget, está numa terceira via, alternativa ao empirismo e ao pré-formismo. O construtivismo seria solução para o estudo e desenvolvimento da gênese do conhecimento”.

O foco de pesquisa deste trabalho está baseado na investigação de como se caracteriza um ambiente de aprendizagem colaborativo sócio-construtivista. Neste sentido, permeiam-se várias outras questões intrigantes. Como vislumbrar uma arquitetura que suporte este paradigma? Como implementar um tutor que se comporte como um professor sócio-construtivista? Como modelar a representação do conhecimento? Como o trabalho colaborativo pode ser alcançado?

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é definir Diretrizes para a Construção de um Mediador Computadorizado embasado pela Teoria Sócio-Construtivista. O papel do mediador é análogo ao comportamento de um professor em sala de aula que segue a abordagem sócio-construtivista. O enfoque central dado na elaboração destas diretrizes é a interatividade. O aspecto interativo visto sob três ângulos: a interação aprendiz-aprendiz(es), a interação mediador-aprendiz(es) e a interação aprendiz-ambiente. A partir destas diretrizes, um Modelo para Mediação Sócio-Construtivista de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador é especificado. Sua principal funcionalidade é auxiliar o desenvolvimento de Sistemas de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador baseado na utilização do mediador.

Além do objetivo geral, outras questões são relevantes para auxiliar na confecção deste trabalho. Estas questões foram formuladas como objetivos específicos:

- a) Fazer uma revisão sobre a evolução dos sistemas de aprendizagem assistidos por computador, em especial os STI e os CSCL que possuem conceitos relacionados a esta tese.

- b) Investigar as abordagens psicogenéticas de Piaget e Vygotsky analisando as diferenças entre estes dois trabalhos, os pontos complementares e os pontos similares. O foco principal desta investigação está relacionado ao papel da interação na aprendizagem, às concepções sociais da aprendizagem e ao papel do professor para ambos os estudiosos.
- c) Identificar e empregar o comportamento de um professor que trabalha de acordo com a abordagem sócio-construtivista na construção do conceito de mediador.
- d) Definir os componentes básicos necessários para a especificação de um modelo para mediação sócio-construtivista de aprendizagem colaborativa apoiada por computador. Na identificação destes componentes está a definição de uma metodologia que favoreça o surgimento de meios propícios ao desenvolvimento da aprendizagem conforme as abordagens de Piaget e Vygotsky.
- e) Demonstrar a viabilidade da aplicação do mediador em um sistema que suporte a aprendizagem colaborativa apoiada por computador em determinado domínio. A execução desta tarefa consiste em descrever o funcionamento do mediador frente a uma sessão de trabalho com o referido sistema.

1.3 Justificativa

Um dos principais benefícios desta proposta é a orientação fornecida aos pesquisadores interessados no desenvolvimento de CSCL fundamentados pela abordagem sócio-construtivista. Como pontos positivos pode-se identificar a reflexão sobre o papel do professor na aprendizagem colaborativa, e, por conseguinte, a necessidade de repensar o significado do tutor (componente dos STIs), bem como o esforço em conciliar o desenvolvimento de sistemas computacionais para auxílio no processo ensino-aprendizagem a partir de um embasamento teórico consistente.

As contribuições teóricas dos trabalhos de Piaget, Vygotsky e tantos outros estudiosos que buscaram desvendar o desenvolvimento cognitivo do indivíduo precisam de fato ser apropriadas pelos profissionais que ensejam desenvolver sistemas computacionais para suportar o processo ensino-aprendizagem. Como enfatiza Rosa (2000, p. 92),

“as contribuições teóricas apenas se constituem em contribuições se abandonam a condição de palavras impressas em papel e se infiltram, com toda a riqueza de significado, no universo de nossas próprias representações e desejos, onde serão gestadas cotidianamente, dando origem a novas práticas, mais genuínas e constantemente grávidas de projetos”.

A relevância deste trabalho também está relacionada com sua contribuição às pesquisas nas áreas de STI e CSCL. Isto pode ser comprovado pela necessidade de uma análise crítica sobre o embasamento teórico utilizado na construção de STIs, principalmente os que adotam o discurso construtivista. E, também pelo estudo do processo interativo e as formas de suportar a interação e a comunicação em Ambientes de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador.

A pesquisa desenvolvida nesta tese, de certa forma, integra duas tecnologias de sistemas de aprendizagem: STI e CSCL. A partir da análise do “atendimento” individual dado pelo tutor ao aluno em STIs e da análise do suporte fornecido para a ocorrência da interação em CSCLs. Adiciona-se ainda, o estudo da perspectiva sócio-construtivista e da metodologia de resolução de problemas para a definição das diretrizes para a construção de um mediador e também a especificação do modelo para criação de ambientes de aprendizagem colaborativa apoiada por computador.

Hoppe e Ploetzner (1999) também estimulam esta fusão a qual eles denominam de *Intelligent Computer-Supported Collaborative Learning* (I-CSCL), neste sentido os autores afirmam que a

“... pesquisa sobre STI, em particular sobre a modelagem do estudante, tem estimulado o desenvolvimento de modelagem cognitiva no qual a representação de um modelo de estudante em um STI tem sido concebida como uma tarefa de modelagem cognitiva específica. Deste modo, uma questão mais teórica da modelagem cognitiva tem sido a junção do desenvolvimento dos modelos de estudante e usuário. Neste sentido, um I-CSCL

poderia ter um papel similar na investigação sobre o entendimento e modelagem da resolução de problemas e da aprendizagem em grupos” (Hoppe & Ploetzner, 1999, p. 148).

1.4 Hipóteses

Como resposta à problemática encontrada, este projeto visa ainda verificar as seguintes hipóteses:

- a) Através do estudo da teoria sócio-construtivista é possível identificar o papel do professor dentro desta abordagem e elaborar estratégias para guiar o funcionamento de um mediador computadorizado.
- b) As diferenças entre um tutor e um mediador não ocorrem apenas na forma de interação com o usuário, mas também na forma de representar o conhecimento (modelo do domínio).
- c) Através do estudo dos STIs e dos CSCLs é possível integrar algumas de suas funcionalidades na criação de um Modelo para Mediação Sócio-Construtivista de Aprendizagem Colaborativa.

1.5 Estrutura do Trabalho

Esta tese está estruturada em sete capítulos. O próximo capítulo (capítulo 2) é dedicado ao estudo dos STIs e dos CSCLs, com o objetivo de contextualizar o foco de pesquisa e fazer um levantamento bibliográfico sobre o estado da arte.

O capítulo 3 relaciona alguns aspectos pertinentes dos estudos de Jean Piaget e Lev S. Vygotsky sobre o desenvolvimento cognitivo e também uma investigação sobre a atividade de resolução de problemas dentro deste contexto.

O capítulo 4 trata especificamente do foco de estudo deste projeto. Descreve o papel do mediador, suas funcionalidades, suas operações e o formalismo utilizado na especificação de um mediador sócio-construtivista.

No quinto capítulo é especificado um modelo que suporte a mediação sócio-construtivista em um sistema de aprendizagem colaborativa apoiada por computador.

O sexto capítulo apresenta a descrição do domínio de uma aplicação protótipo desenvolvida com o intuito de demonstrar a funcionalidade de algumas especificações dos modelos propostos nos capítulos 4 e 5.

No capítulo 7 são apresentadas as contribuições, algumas recomendações para continuidade e as limitações deste trabalho.

2 SISTEMAS DE APRENDIZAGEM ASSISTIDOS POR COMPUTADOR

O presente capítulo é composto de seis seções principais. A primeira seção contextualiza o surgimento dos sistemas tutores inteligentes e dos sistemas de aprendizagem colaborativa, a partir de uma revisão da evolução dos sistemas de aprendizagem assistidos por computador.

As segunda e terceira seções tratam especificamente dos STIs e dos CSCLs, abordando conceituação, modo de funcionamento, estado da arte e o suporte à comunicação e à cooperação.

As seções de número quatro e cinco constituem o resultado de um levantamento feito nos principais meios de publicação das áreas de STI e CSCL em busca de trabalhos que tenham sido embasados pela teoria construtivista, pela teoria sócio-construtivista ou pela teoria sócio-interacionista.

Por fim, a última seção apresenta as conclusões deste capítulo.

2.1 Histórico dos Sistemas de Aprendizagem Assistidos por Computador

Há pouco mais de meio século, iniciaram-se as pesquisas para o desenvolvimento de sistemas de aprendizagem assistidos por computador. Junto a esta evolução nota-se a incorporação de artifícios computacionais – como a introdução de técnicas de inteligência artificial, bem como diferentes paradigmas educacionais. O grande êxito desta área está diretamente relacionado com a compatibilidade técnica junto à corrente pedagógica, pois é inconcebível um sistema de aprendizagem assistido por computador que não seja alicerçado numa linha filosófica de conhecimento apropriada.

Esta evolução vem resultando em diferentes classificações que estão sucintamente descritas abaixo (Viccari, 1996), (Lelouche, 2000) e (Rosatelli, 2000):

- a) *Computer Aided Instruction* (CAI) – surgidos na década de 50, estes sistemas baseavam-se na psicologia behaviorista, caracterizavam-se pelo conceito de "programa linear", onde o sistema apresenta algum conteúdo e o aprendiz deve, de alguma forma, responder a este conteúdo (por exemplo resolvendo um exercício), o sistema a partir do comportamento do aprendiz faz um *feedback* informando se a resposta do aluno está correta ou não;
- b) Sistemas Gerativos – surgidos na década de 60, caracterizavam-se pela capacidade de gerar automaticamente o material instrucional, no todo ou em parte;
- c) *Intelligent Computer-Assisted Instruction Systems* (ICAI) – surgidos na década de 70, são sistemas CAI dotados de técnicas de IA, que segundo Viccari (1996) foram mais tarde denominados de ITS;
- d) *Intelligent Tutoring Systems* (ITS) – criados a partir de trabalhos de Carbonell e Sleeman, com o intuito de desenvolverem sistemas que fossem adaptáveis às necessidades e estilos dos usuários (Viccari, 1996);
- e) *Interactive/Intelligent Learning Environments* (ILE) – uma nova definição para os STI segundo Lelouche (2000, p. 143); para Bell (1999, p. 1), “o termo “Intelligent Learning Environment” descreve uma aplicação que visa transferir algum conjunto de habilidades e conhecimentos confiados numa parte sobre alguma forma de inteligência (presumidamente artificial);
- f) *Computer-Supported Collaborative Learning* (CSCL) – são sistemas computacionais que dão suporte à aprendizagem colaborativa. Nestes sistemas os aprendizes realizam atividades em grupo, podendo estar ou não dispersos geograficamente;
- g) *Know-How Domains* (KH-ITS) – neste tipo de sistema, espera-se que o aprendiz adquira, baseado nos elementos teóricos do domínio, algum tipo de habilidade para resolução de problemas;
- h) *Learning Companion System* (LCS) – utiliza um aprendiz artificial para interagir com o aprendiz humano, com o intuito de auxiliar no desenvolvimento do aprendizado do estudante (Chou *et al.*, 1999; Uresti, 2000).

Ressalta-se que tanto os sistemas KH-ITS quanto os sistemas LCS podem ser considerados como Sistemas Tutores Inteligentes Estendidos. O conceito ‘estendido’ foi apresentado por Self (1999) que declara que o modelo estendido é uma evolução do modelo tripartite, considerado como modelo tradicional. A sessão 2.2.1 discute em mais detalhes esta definição elaborada por Self (1999).

Ao longo destes anos, percebeu-se também, que a principal evolução nos sistemas de aprendizagem apoiados por computador, foi a natureza cognitiva. No início, os sistemas implementavam as mesmas técnicas instrucionistas que eram utilizadas em sala de aula, com a única diferença que o computador, não mais o professor, era o responsável por “transmitir os conhecimentos” aos alunos.

Mais adiante, nota-se uma preocupação com os estilos de aprendizagem, quando do surgimento dos STIs, embora o aprendizado fosse visto como algo individual.

Os Sistemas CSCL surgiram com o intuito de propiciar atividades em grupo, onde os aprendizes poderiam trocar idéias com parceiros sobre o alvo de estudo. O fator cooperação é também prioritário nos sistemas do tipo LCS.

Pode-se verificar então, que com este desenvolvimento os sistemas de aprendizagem apoiados por computador estão primando a “aprendizagem” e não apenas o “ensino”.

2.2 *Sistemas Tutores Inteligentes*

2.2.1 *Conceituação*

Os STIs se inserem dentro da área de Inteligência Artificial Aplicada à Educação (IA-ED). Tais sistemas representam a corrente de pesquisa mais típica da história desta área. O início de seu desenvolvimento ocorreu por volta da década de 70 e as pesquisas nesta área ainda não se esgotaram. Seu marco histórico é representado pelo sistema Scholar. O Scholar é um STI para o ensino de geografia da América do Sul, que pode conduzir um diálogo com o aluno (Vicari, 1996).

Os STI surgiram com o intuito de auxiliar o aprendizado de domínios específicos, com o uso de modelos de ensino-aprendizagem tradicionais, através de uma interação individual, onde o tutor (programa representando o professor) interage com o aprendiz, verificando “o quanto ele sabe” sobre determinado domínio e comparando suas respostas com a base de conhecimento – modelo do domínio, que representa o conhecimento correto sobre tal domínio. A partir desta verificação, o sistema interage com o estudante segundo alguma estratégia pedagógica. Os pesquisadores da época acreditavam ser possível representar computacionalmente um modelo de aprendizagem do estudante, denominado “modelo do estudante”.

A estrutura tradicional de um STI é composta por três componentes (Figura 2.1.):

- a) o modelo do domínio/especialista – base de conhecimento correto sobre o domínio a ser aprendido pelo aprendiz;
- b) o modelo do estudante – representação do conhecimento do aprendiz;
- c) o modelo do tutor/pedagógico – representação do professor, seguindo um modelo de ensino-aprendizagem.

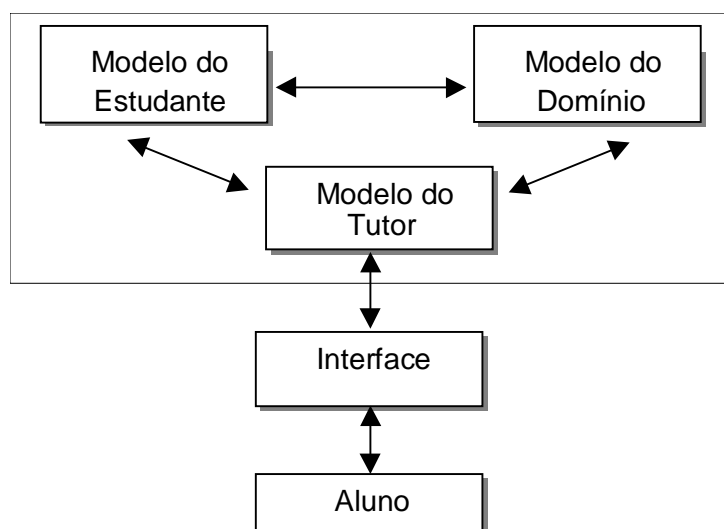


Figura 2.1. Arquitetura de um Sistema Tutor Inteligente Tradicional

Segundo Viccari (1996, p.13),

“os ITS são programas que, interagindo com o aluno modificam suas bases de conhecimento, percebem as intervenções do aluno, possuem a capacidade de aprender e adaptar as estratégias de ensino de acordo com o desenrolar do diálogo com o aluno. Caracterizam-se principalmente por construir um Modelo Cognitivo de Aluno, através da interação, e, através da formulação e comprovação de hipótese sobre o estilo cognitivo do aluno, sobre o seu procedimento, o seu nível de conhecimento do assunto e suas estratégias de aprendizagem e na capacidade de formular uma estratégia de ensino-aprendizagem adequada ao aluno e à situação do momento”.

Rosatelli (2000, p. 183), por sua vez, refere-se a um STI como

“um sistema computacional que faz o tutoramento de um aluno num dado domínio, ... O STI modela o entendimento do aluno sobre um tópico e à medida que ele realiza determinadas tarefas no sistema,..., compara o conhecimento do aluno com o modelo que ele tem de um especialista naquele domínio. Se existir uma diferença, o sistema pode usar o seu modelo de domínio para gerar uma explicação que vai auxiliar o aluno a compreender o que ficou mal entendido. Além disso o sistema pode também ajustar os níveis e estilos de aprendizado do aluno e apresentar a informação, os testes e o *feedback* que são mais apropriados”.

Por conta de sua arquitetura fechada, seguindo seus três módulos básicos: modelo do estudante, modelo do domínio e modelo do tutor, e pela própria dificuldade de implementação de um modelo de estudante coerente, houve durante os últimos anos, uma evolução dos STIs, incorporando novas tecnologias e objetivos pedagógicos. A arquitetura tripartite dos STIs foi aos poucos incorporando novas características, surgindo, então, os modelos estendidos, como denomina Self (1999).

A tendência é construir sistemas mais abertos e inseridos em ambientes de exploração, permitindo que o aprendiz tenha mais controle e autonomia sobre o seu alvo de estudo, incluindo poder desenvolver atividades colaborativas (Costa *et al.*, 1997).

A arquitetura proposta por Self (1999) inclui a arquitetura padrão de um STI como um subconjunto, e foi elaborada segundo algumas premissas construtivistas (Figura 2.2.). A primeira considera que o aprendiz constrói seu próprio conhecimento através da interpretação das suas experiências no contexto de interação. A segunda considera que o processo construtivo é muito mais importante do que o produto do processo de aprendizado qualquer. A terceira baseia-se no fato de que os construtivistas consideram que o processo de aprendizado é praticamente imprevisível e que, portanto, não é possível ter estruturas pré-especificadas e que as seqüências de aprendizado surgem das interações entre o estudante e o ambiente, influenciada pelas oportunidades que estão disponíveis.

Como resultado tem-se três novos modelos: situação, interação e permissões. O modelo da situação engloba o modelo do domínio, o qual inclui descrições dos recursos que estão disponíveis numa situação de aprendizado e não mais descrições do conhecimento a ser aprendido. O modelo do estudante, um subconjunto do modelo de interação, enfoca o processo interativo, levando em conta as ações do estudante, o contexto e a estrutura cognitiva do estudante – tudo isto no decorrer do tempo. O modelo de permissões visa permitir ao estudante espaços adequados para a interação, baseado em algum modelo de permissões de situações em potencial.

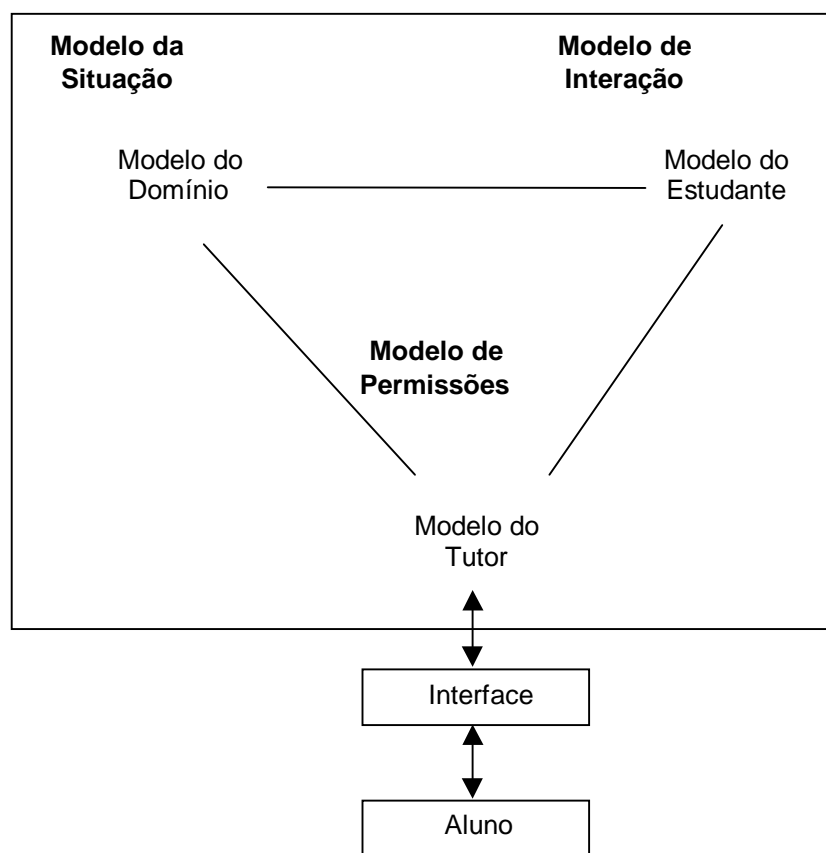


Figura 2.2. Componentes de um STI adaptado da proposta de Self (1999)

Pode-se dizer que o modelo proposto, de certa forma, considera a proposta de Self. Fazendo uma analogia entre ambos, se o modelo proposto adotasse a nova constituição de sistema tutor sugerida por Self, o modelo de situação poderia ser visto como a descrição do que está disponível para a aprendizagem, ou seja, a descrição do ambiente em si, de cada situação; o modelo de interação seria o responsável por armazenar as ações que o(s) aprendiz(es) tem realizado durante o tempo; e o modelo de permissões possuiria a descrição das ações que o estudante pode realizar a cada situação.

2.2.2 Estado da Arte

Ao analisar o estado da arte dos STI na presente data observa-se que esses sistemas não seguem mais a arquitetura que foi padrão durante as últimas décadas. Os sistemas que têm sido desenvolvidos, na verdade, são Sistemas Tutores Inteligentes Estendidos, que possuem uma arquitetura similar aos STI tradicionais sendo que cada módulo possui um enfoque mais amplo do que o modelo tradicional dos STI. Exemplos de tais sistemas incluem os que têm uma modelagem multi-agentes para representar o conhecimento pedagógico e seu uso para o tutoramento, ou ainda sistemas que dão suporte à aprendizagem colaborativa (com agentes ou com outros estudantes humanos) ou ainda sistemas que utilizam um agente como um parceiro na aprendizagem, como é o caso dos *Learning Companion Systems*.

Na continuidade desta seção, são relatados de forma sintetizada alguns trabalhos relacionados ao estudo de Sistemas Tutores Inteligentes, com o intuito de construir um panorama atual das pesquisas nesta área.

Na linha dos sistemas multi-agentes, Gavrilova *et al.* (1999) descrevem um ambiente de aprendizagem inteligente distribuído para o ensino a distância que objetiva resolver os problemas de falta de *feedback* do professor para o estudante distante e que prejudicam a eficiência da aprendizagem. O ambiente visa proporcionar a adaptabilidade, baseada na modelagem do estudante, em aplicações de aprendizagem inteligentes distribuídas que rodam na Internet. Tal ambiente utiliza o seguinte conjunto de agentes:

- a) **tutor**, que controla o processo de aprendizagem, aplica diferentes estratégias educacionais de acordo com as características cognitivas e pessoais do estudante, juntamente com o seu progresso educacional. O tutor interage com o Engenheiro de Interface (veja abaixo) nas questões de adaptação e modelagem do estudante;
- b) **especialista no domínio** (assistente do domínio), que acumula e apresenta o conhecimento no domínio, mantém exercícios e testes, fornece esses dados para os estudantes e outros agentes e analisa o *feedback* dos estudantes em termos do domínio;

- c) **engenheiro de interface**, utiliza o modelo do estudante (formado pelos testes preliminares e também dinamicamente durante o trabalho do estudante com o sistema) para atualizar os parâmetros da interface (*layout*, navegação, intervenções, características de *help*) e coopera com outros agentes. Em particular o modelo do estudante influencia na escolha do cenário de apresentação dos materiais do curso e avaliação do progresso do estudante e sua avaliação.

O ambiente de aprendizagem inteligente distribuído tem como objetivo o tutoramento adaptativo, que significa que as peculiaridades individuais dos estudantes serão levadas em consideração pelo agente do Engenheiro de Interface que vai gerar interfaces pessoais e cenários de aprendizagem, de acordo com os modelos de estudante adquiridos. As interfaces são desenhadas e controladas via os chamados Modelos de Interface, os quais definem algumas características substanciais das interfaces. Essas características se referem ao controle, *design*, *help* e navegação.

Em (Leite & Omar, 1999) descreve-se um estudo comparativo entre a resolução de problemas através da Inteligência Artificial e a resolução de problemas por humanos. Tal estudo é baseado na solução, através de vários caminhos, de problemas propostos via questões de múltipla escolha. As técnicas gerais utilizadas pelos humanos para resolver tais tipos de problemas são agrupadas em blocos e cada bloco é dividido em passos. A partir deste estudo uma arquitetura para os STIs é proposta para suportar a representação do conhecimento do especialista e das atividades dos estudantes. Os problemas são representados por um texto e as respostas possíveis com um significado e formato particular, para ser rigorosamente analisada pelo solucionador para encontrar a que está correta. Os caminhos através de um espaço conceitual de estados representam cada solução correta.

Os sistemas denominados *Know How-ITS* (KH-ITS) aplicam o conceito de domínios de *know how*, no qual o estudante deve adquirir, além dos elementos teóricos do domínio, algum tipo de habilidade de resolução de problemas (Lelouche, 2000). Esse conceito é então aplicado ao ITS, dando origem ao KH-ITS.

Num domínio KH o conhecimento do domínio é restrito à parte que contém todos os aspectos teóricos deste. Apesar da sua estrutura poder ser variada, os domínios de

conhecimento podem incluir conceitos, entidades, relações, restrições, objetos, redes semânticas, regras, etc. Isso é geralmente chamado de conhecimento declarativo. Em oposição, o conhecimento de resolução de problemas específicos dos domínios KH, e conseqüentemente dos KH-ITS e KH-ILE, contém todos os processos dinâmicos de inferência e computacionais usados para resolver um problema, ou seja, uma situação prática baseada no domínio de *know how*. O conhecimento da resolução de problemas é então muito próximo ao conhecimento procedural, apesar de que alguns conhecimentos declarativos são parte do conhecimento da resolução de problemas.

No trabalho de Lelouche (2000), busca-se enfatizar as interações sistema-estudante e agente-agente num KH-ITS, bem como generalizar a utilização do conceito de *KH domains* para outros tipos de sistemas de aprendizagem inteligentes, em particular os ILE e CSCL. É introduzido no modelo de conhecimento do tutor o conceito de agentes pedagógicos, e é apresentado um KH-ITS, cujo domínio de aplicação se refere à engenharia de custos. Este sistema disponibiliza uma série de ferramentas matemáticas e computacionais para o engenheiro avaliar o valor dos projetos de engenharia, e agir adequadamente no sentido de reduzir os custos.

Em um LCS (Chou *et al.*, 1999) um *learning companion* é modelado não somente como um tutor inteligente, mas pode assumir vários papéis quando interage com o usuário. Dependendo do modelo de aprendizagem social adotado, um *learning companion* pode ser um colaborador, um competidor, um tutor parceiro, um parceiro que é tutorado, etc., e pode ainda, existir num único sistema, um ou múltiplos *learning companions*.

A modelagem do usuário em um *Learning Companion System* é tão importante quando simula um *learning companion* (LC) como quando um STI tradicional simula um tutor inteligente. A arquitetura dos LCS é uma extensão dos STI. Em particular, cada LC demanda o seu próprio modelo de usuário com relação aos papéis que ele assume. Para que o usuário humano tenha crença de que o LC é “real”, além do modelo do usuário, o LC também necessita de um módulo correspondente ao seu comportamento, que consiste de algumas hipóteses e regras de heurísticas (Chou *et al.*, 1999).

Ainda com referência ao desenvolvimento de LCS, pode-se citar o trabalho de Uresti (2000) que desenvolveu um LCS para o aprendizado de Álgebra Binária Booleana denominado de LECOBA. Um LCS pode ser entendido como um modelo estendido de um ITS, no qual um agente é introduzido com o objetivo de simular um parceiro para o estudante humano. Tal tipo de agente é denominado de LC. Este agente se passa por um estudante podendo, portanto, assumir qualquer papel que o parceiro humano poderia assumir.

No LECOBA foram implementados 2 (dois) tipos de LC com diferentes níveis de conhecimento (denominados de parceiro fraco e parceiro forte) e 2 (dois) tipos de condições motivacionais (motivado e livre). A condição motivado encorajava fortemente o estudante a colaborar com o LC fraco ou a trabalhar mais por si próprio. Na condição livre, o estudante foi moderadamente encorajado a interagir com o LC. Este encorajamento foi apenas no sentido de lembrar ao estudante que colaborar com o LC, poderia ser benéfico para ele. O sistema utiliza um mecanismo de escore (0% a 100%) para motivar o aluno.

O sistema permite ainda que o estudante ensine o LC. Para ensiná-lo, o estudante pode realizar diversas operações sobre o conhecimento do LC, como por exemplo, habilitar, desabilitar, trocar a ordem das regras usadas pelo LC. A idéia é deixar que o estudante veja exatamente o que o LC sabe quando tenta resolver o problema.

Neste experimento, o autor busca validar a hipótese de que um LC “fraco”, possuidor de menos habilidades/especialidades que o estudante humano, poderia ser útil no aprendizado do estudante, no sentido de encorajar o estudante a ensiná-lo. O autor defende a idéia de que quando o estudante ensina algum tema para o LC “fraco”, isto faz com que o mesmo necessite refletir sobre seu conhecimento, gerar e avaliar uma seqüência lógica de raciocínio e, se necessário, reformular o domínio de seu conhecimento. Uresti (2000) defende então que esta é uma forma de reforçar o aprendizado.

O sistema foi empiricamente avaliado em um estudo com trinta e dois (32) estudantes. Os resultados da avaliação sugeriram que a interação do estudante com este tipo de LC tende a resultar em mais melhorias do que a interação com um LC

“forte”. O principal ponto deste trabalho é avaliar o nível de conhecimento que o LC deve possuir, para que tenha valor educacional na interação do estudante com ele.

Iqbal *et al.* (1999) propuseram uma classificação dos métodos de avaliação de STI, com o intuito de simplificar a tarefa de seleção de um método apropriado para um propósito particular. Esta classificação foi baseada em duas questões primárias relacionadas ao objeto da avaliação e ao ambiente de aprendizado no qual a avaliação poderia ser perseguida.

Com este trabalho os autores esperam prover um guia para seleção apropriada de métodos de avaliação para STI, contribuindo, desta forma, para uma melhoria da qualidade dos sistemas educacionais.

A relevância deste trabalho reside no fato de que existem diversos métodos de avaliação de STI disponíveis e é muito difícil para um avaliador – normalmente um educador – julgar qual método é o mais adequado. Muitos dos STIs desenvolvidos são avaliados através de experimentos empíricos o que não permite uma generalização da técnica e tampouco conclusões detalhadas.

2.2.3 Análise Cognitiva dos Sistemas Tutores Inteligentes

Os sistemas de IA-ED têm sido desenvolvidos sob a perspectiva de várias correntes filosóficas de conhecimento, dentre as quais destaca-se o instrucionismo, o sócio-interacionismo e o construtivismo.

De acordo com Halff¹ (*apud* Nitzke, 1998, p.2), um STI pode se basear em diferentes modelos de ensino-aprendizagem, mas deve possuir no mínimo três características:

- a) ter controle sobre o currículo;
- b) ser capaz de responder às questões do aluno referentes ao conteúdo em estudo;
- e,

¹ HALFF, H. M. **Curriculum and Instruction in Automated Tutors**. In Polson, M. & Richardson, J. J. Lawrence Erlbaum Associates Publishers Foundations (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems*. New Jersey, 1988. pp. 79-108.

c) ser capaz de determinar as necessidades de auxílio do aluno em tempo e tipo.

Halff (1988), através de uma pesquisa, fez um levantamento acerca das diferentes estratégias de ensino utilizadas nos STIs, constatando a existência dos seguintes modelos:

- a) modelo de ensino socrático ou através de diálogos exploratórios – onde o tutor conduz o aprendiz no sentido de aprofundar um conteúdo que ele já domine, através de questões e diálogos;
- b) modelo de ensino por treinamento (*coaching*) – o tutor interrompe o aprendiz quando percebe que ele não está tomando o caminho certo e aconselha-o;
- c) modelo de ensino baseado em casos (*case-based teaching*) – utiliza o raciocínio baseado em casos;
- d) modelo de ensino baseado em ambientes exploratórios – utiliza-se de simulações, de ambientes exploratórios.

Para Self (1999) um ambiente de ensino construído sob o paradigma construtivista, deveria poder, de certo modo, oferecer um pouco de todos estes modelos: ensino dirigido por falhas, aprendizagem baseada em casos, aprendizagem através da experimentação, aprendizagem através do diálogo, aprendizagem através da resolução de problemas e ainda, aprendizagem como uma atividade social.

Conforme afirmam Akhras e Self (2000, p.1), “do ponto de vista construtivista os Sistemas Inteligentes devem ser baseados nos mecanismos de representação de conhecimento, raciocínio e tomada de decisões que se preocupam com a importância do contexto do aprendiz, atividades que envolvem interação com ênfase no processo mais do que no produto de aprendizagem”.

Para os autores, existem quatro aspectos que coexistem holisticamente em todo e qualquer processo de aprendizagem. Holisticamente, no sentido de compreender que a relação e a indissociabilidade entre estes quatro aspectos são mais importantes do que as propriedades individuais de cada um. Os aspectos são:

- a) Contexto – envolve uma situação na qual o aprendiz está envolvido com estruturas físicas, ferramentas, outras pessoas, etc.

- b) Atividade – o conhecimento é construído pelo aprendiz através de interações nas quais ele experimenta um domínio e interpreta suas próprias experiências.
- c) Estruturas Cognitivas – o modo como o conhecimento foi construído previamente influencia em como o aprendiz interpreta novas experiências, afetando seus pensamentos e ações.
- d) Temporal – o aprendiz a todo tempo esforça-se para conectar experiências previamente desenvolvidas em uma nova.

Além de concordar com os autores no teor das quatro propriedades serem indissociáveis, acredita-se ser necessário relacionar um quinto elemento, o papel do professor frente ao processo de aprendizagem do(s) aluno(s). No modelo proposto nesta tese, o professor é representado pela figura do mediador que, no ambiente, simula um professor sócio-construtivista.

Com referência ao contexto de aprendizagem, o modelo adotado é baseado na metodologia de aprendizagem colaborativa através da resolução de problemas.

Em relação ao aspecto atividade descrito pelos autores, prefere-se adotar o termo interação visto sob três ângulos:

- i. interação aprendiz-aprendiz(es);
- ii. interação mediador-aprendiz(es);
- iii. interação aprendiz-contexto/ambiente.

O escopo desta tese foi estudar e delimitar um modelo que atendesse a estes cinco aspectos (contexto, interação, estruturas cognitivas, temporal e papel do professor).

2.3 Sistemas de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador

2.3.1 Conceituação

Os CSCLs visam propiciar o desenvolvimento de atividades colaborativas entre grupos de estudantes através do uso de computadores conectados em rede. Roschelle e Teasley (1995) defendem que, em uma atividade colaborativa entre estudantes, o contexto social estimula a comunicação verbal e proporciona motivação. O objetivo da atividade colaborativa é promover o aprendizado individual por meio do processo colaborativo entre os membros do grupo.

Santoro *et al.* (1999, p. 51), definem um CSCL como “uma área de estudos que trata de formas pelas quais a tecnologia pode apoiar os processos de aprendizagem promovidos através de esforços colaborativos entre estudantes trabalhando em uma dada tarefa”.

De um modo muito simplista, o termo CSCL está vinculado a sistemas de aprendizagem que favorecem a troca de informações por parte dos usuários na realização de uma tarefa e que visam auxiliar no desenvolvimento de atividades cooperativas. Como enfatiza Dillenbourg (1999, p. 7) “... as palavras “aprendizagem colaborativa” descrevem uma **situação** na qual formas particulares de interação entre as pessoas são esperadas que ocorram, as quais ativariam mecanismos de aprendizagem. Mas não há garantias de que essas interações esperadas irão efetivamente ocorrer. Portanto, uma preocupação geral é desenvolver maneiras de aumentar a probabilidade de que alguns tipos de interação ocorram.”

O mesmo autor chama a atenção para o emprego dado aos termos aprendizagem colaborativa e aprendizagem cooperativa. Ressalta que há convergência entre alguns autores na relação entre os dois termos, em geral relacionada ao grau de divisão de trabalho, o que pode ser conceituado como “... na cooperação, os parceiros dividem o trabalho, resolvem sub-tarefas separadamente e então unem os resultados parciais em um trabalho final. Na colaboração, os parceiros fazem o trabalho juntos...” (Dillenbourg, 1999, p. 11).

Neste momento, torna-se propício ressaltar que, dentro do texto deste projeto, os termos cooperação e colaboração são tratados de igual forma, empregados à definição de colaboração exposta por Dillenbourg. Tal fato pode ser justificado primeiro por não haver um consenso entre os pesquisadores da área, e segundo pelo fato de que trabalhos de outros autores – que foram fontes de pesquisa para a elaboração de tal projeto se utilizam destes termos sem discriminação.

2.3.2 Suporte à Comunicação e à Colaboração

Dentro da evolução da área de CSCL, uma preocupação constante é criar maneiras para que a colaboração efetivamente ocorra. Não se pode esperar que o simples fato de prover ferramentas para propiciar a colaboração, garanta que os usuários estarão predispostos a utilizá-las para este fim.

Geralmente, pode-se encontrar ferramentas síncronas e assíncronas disponíveis nos ambientes colaborativos, tais como *chat*, editor de texto cooperativo, *whiteboard*, fórum, entre outras.

É importante esclarecer que em ferramentas do tipo síncrona a interação ocorre quando todos os usuários trabalham em conjunto ao mesmo tempo, e em ferramentas do tipo assíncrona, os usuários possuem liberdade de trabalhar em tempos diferentes.

O processo de colaboração em atividades de resolução de problemas é importante, pois o grupo, através da discussão, deve concordar sobre a solução a ser encaminhada.

Um fato interessante a ser analisado é o perfil dos usuários, a partir do comportamento destes durante uma sessão de trabalho. Mesmo fazendo uma relação com a sala de aula tradicional, nota-se que, quando uma turma de alunos é dividida em pequenos grupos para a realização de uma atividade, é fácil perceber alguns padrões de comportamento, como por exemplo o aluno que guia ou comanda o grupo, o aluno que não está disposto a participar, o aluno que discorda de tudo, o aluno que passa muito tempo apenas ouvindo para só então emitir sua opinião, o aluno imediatista que prefere por em prática sua idéia sem mesmo discutir com o

resto do grupo, e assim por diante. Ainda há a hipótese de, mesmo dentro do grupo, haver facções, no sentido de existirem sub-grupos realizando a mesma atividade de modo diferente e sem comunicação. Como então atender a toda esta particularidade?

As dificuldades nesta tarefa estão relacionadas em prover ferramentas colaborativas e desenvolver meios que inibem a ação individualizada. Algumas idéias são pertinentes neste contexto, como a restrição de habilidades dos usuários e a restrição quanto à execução de uma tarefa dentro do ambiente.

A restrição das habilidades dos usuários está vinculada ao papel que cada um desempenha dentro do ambiente, como a implementação de líder de grupo. A idéia de líder de grupo é apoiada por Traja (2002, p. 63) “... é importante a presença de um líder, de um tutor (agente facilitador), de um moderador das negociações e um provedor de informações”. Traja (2002) sugere ainda que estes papéis sejam trocados conforme a situação em que se encontram, não havendo um líder único, ou seja, a liderança deve ser situacional.

A segunda restrição obriga os membros do grupo a chegarem a um consenso antes que qualquer tipo de ação seja executado. Busca-se com isto, atingir dois objetivos, o primeiro seria contornar a situação em que um usuário possui um perfil dominador ou mesmo individualista, que prefere realizar toda a tarefa sozinho ou o oposto, um perfil submisso, que aceita sem questionar a ação do outro. O segundo objetivo é fazer com que a atividade em grupo seja democrática. A seção 2.3.2.3 aborda as diferentes formas de dar suporte ao processo de tomada de decisão

2.3.2.1 Ferramenta de Chat

Por ora, a ferramenta mais presente nos ambientes colaborativos é o *chat*. Frente a sua popularidade, não se faz necessário justificar sua importância, mas apenas resgatar de modo breve as diferentes características presentes, ou por assim denominada, a evolução e adequação desta ferramenta à finalidade de suportar a aprendizagem colaborativa.

Com a finalidade de troca de mensagens, o *chat* permite tanto o envio de mensagem a todos os participantes, como a um participante em específico. Esta mensagem ainda pode ser vista por todos ou apenas por quem a recebe, para manter um diálogo reservado.

Uma característica importante é o fato de permitir ou não a visualização do texto enquanto ele é digitado ou apenas após a finalização (neste caso, geralmente após digitar o texto, deve-se clicar em um botão do tipo enviar). A situação em que é permitida a visualização do texto em tempo de digitação, parece ser *a priori* mais adequada, pois não gera um tempo ocioso para o restante do grupo, que estaria esperando a mensagem. Porém na outra situação, o estudante tem a possibilidade de revisar o texto antes de enviar.

Várias características adicionais têm sido implementadas como funcionalidade de ferramentas de *chats* tradicionais. Há, por exemplo, *chats* que permitem anexar arquivos (.gif, .jpg, .tif, entre outros tipos) às mensagens, o que pode facilitar a explicação de algum tópico que está em discussão (Kumar *et al.*, 1998). Uma outra característica importante é registrar o histórico de uma sessão de *chat*. Nesta opção, um usuário que se conectou no ambiente mais tarde, pode verificar todas as mensagens trocadas enquanto ele estava ausente. Pode também salvar a sessão de *chat* em disquete. Estas funcionalidades foram implementadas no trabalho de Cohen *et al.* (2000).

Recentemente, tem-se desenvolvido muitas pesquisas (Veerman *et al.*, 1999; Borner & Lin, 2001; Kuminek & Pilkington, 2001) relacionadas ao papel da ferramenta de *chat* dentro de ambientes colaborativos. Algumas visam investigar quais características inerentes às ferramentas de *chat* propiciam formas de interação mais efetivas. Outras envolvem estudos sobre as formas de representação dos arquivos de *log* das conversações, com o intuito de facilitar a sua análise posterior. E outras ainda, utilizam-se da ferramenta de *chat* para ajudar a desenvolver nos estudantes as habilidades inerentes ao debate.

Há também a utilização dos recursos de *sentence openers* (Johnson & Johnson, 1991). O termo *sentence openers* significa “abridores de sentenças” que podem além de auxiliar a composição/ formação de frases ajudar a prover uma análise

sobre os diferentes tipos de contribuições feitas pelos estudantes durante o uso do *chat*.

Os *sentence openers* são inícios de frases do tipo ‘Eu concordo porque...’ ou ‘Eu não concordo ...’ ou ainda ‘Eu acho que...’. Uma lista pré-definida de *sentence openers* pode ser agrupada em tipos tais como declarações/afirmações, verificações/questionamentos, provocações/desafios, oposições e conclusões.

O trabalho de Kuminek & Pilkington (2001) com a criação da ferramenta de *chat* *Chatterbox*, utilizou *sentence openers* não somente como uma forma de identificar as contribuições individuais dos estudantes e monitorar os níveis de sua participação, mas também como um recurso para ajudar a desenvolver a habilidade de debate por parte dos estudantes.

Conforme afirmam Tedesco (2001) e Dimitrova (2001), o termo *Dialogue Games* (GG) foi definido por Levin e Moore em 1977 (Levin & Moore, 1977) como uma teoria para formalizar regularidades em um diálogo. Os DGs especificam tipos de interações que ocorrem entre os participantes de um diálogo. Para trabalhar com o conteúdo específico destas interações é necessário o emprego de táticas de diálogo e mecanismos de manutenção do foco do diálogo.

Dimitrova (2001) pesquisou o uso de DG para auxiliar um projeto de comunicação diagnóstica. Ela adotou o modelo definido por Levin & Moore (1977), considerando que, um modelo de processamento de diálogo para diagnóstico interativo inclui:

- a) *Long term memory* – o qual inclui o conhecimento que os participantes do diálogo possuem antes do início do diálogo;
- b) *Workspace* – o qual contém o resultado parcial e temporário do processamento;
- c) *Dialogue processors* – o qual modifica as entidades no *workspace*.

Em seu trabalho, Dimitrova (2001), definiu um *framework* para gerenciamento da organização do diálogo em diagnóstico interativo. Este *framework* foi utilizado em seu sistema chamado de *StyLE-OLM – Interactive Open Learner Modelling Component*.

Tedesco (2001) utilizou o recurso de *Dialogue Games* (DG) para monitorar a interação em seu sistema MArCo, visando ajudar a mapear os discursos dos usuários dentro de atitudes BDI que compõem o plano e também ajudar os usuários a tornarem-se cientes dos diferentes componentes de suas estratégias. O MArCo implementou quatro DGs:

- a) *Inquire* – quando o participante quer alguma informação sobre um tópico relacionado ao plano corrente;
- b) *Statement* – quando o participante quer informar ao outro sobre suas crenças;
- c) *Proposal* – quando o participante quer adicionar passos ao plano;
- d) *Suggestion* – quando os participantes querem discutir o plano.

Ao recurso de DG foi adicionado alguns *sentence openers* com o intuito de tornar o diálogo mais “natural”.

2.3.2.2 Ferramenta Whiteboard

A ferramenta *Whiteboard* é utilizada, como seu próprio nome diz, como um “quadro branco” para se criar e apresentar qualquer tipo de informação, como anotações, figuras e desenhos, onde um usuário é quem apresenta a informação e os demais são receptores. Mas esta também pode ser utilizada como um espaço verdadeiramente compartilhado, onde todos os usuários trabalham de modo efetivamente colaborativo.

Na prática, o uso colaborativo desta ferramenta por um grupo grande de pessoas, acarreta um tráfego muito pesado na rede. Para resolver este tipo de problema, é necessário criar algum mecanismo de controle. Neste sentido algumas soluções podem ser criadas como por exemplo restringir as habilidades dos usuários, implementando a idéia de líder de grupo ou dando controle de uso e de concessão da ferramenta apenas para o professor, quando este faz parte do ambiente.

Cohen *et al.* (2000) resolveram este impasse do seguinte modo: criaram um sistema de autenticação de usuários, onde o professor tem uma senha com total liberdade de uso da ferramenta e também para liberar o uso para outro usuário, e os

estudantes têm todos uma mesma senha. Quando as senhas não estão sendo usadas, todos têm livre acesso à ferramenta. Ou seja, por vezes, o trabalho efetivamente colaborativo não acontece, pois há um personagem no controle – o professor, mas, por vezes, isto pode ser alcançado quando se percebe que não há a necessidade de utilização de senhas quando o número de usuários não é grande o suficiente para gerar alto tráfego na rede.

2.3.2.3 Processo de Tomada de Decisão

Em um ambiente baseado em computador de resolução de problemas em grupo, os membros devem elaborar um plano de solução em conjunto e então colocarem este plano em prática com o intuito de alcançarem a melhor solução possível. Durante todo o processo, o grupo deve tomar várias decisões sobre as atividades a serem realizadas para a execução do plano. Este processo de tomada de decisão, dentro de um ambiente colaborativo, pode ser realizado de diversas maneiras, conforme relatado por Johnson & Johnson (1997) e Hartley (1997). Hartley inclusive diagnosticou as vantagens e desvantagens de cada método descritas abaixo.

Através do método da autoridade central um dos membros é designado para decidir sobre o assunto a ser tratado, isto pode ser feito sem consulta aos demais membros, ou após ouvir a opinião deles. De qualquer forma, a principal desvantagem deste método é que os membros podem não se sentir comprometidos com a decisão tomada, visto que eles tiveram pouca ou nenhuma participação neste processo.

Um outro método, é simplesmente solicitar a opinião de cada membro e depois calcular a média dos resultados.

Pode ainda ser utilizado o método do voto da maioria, a decisão é tomada a partir da constatação de 50% dos votos mais um, ou através de alguma outra regra estabelecida (que considere outras porcentagens). Este método é implementado através da chamada **Ferramenta de Votação**. O importante, de fato, não é o cálculo que realizará esta aferição, mas sim, que a Ferramenta de Votação, seja um instrumento em que todos devem opinar através do voto, como ocorre numa urna

eletrônica. No *framework* Habanero² foi implementada a idéia de Ferramenta de Votação, onde um usuário – iniciador do voto, define a pergunta, o modo de resposta (sim/não ou múltipla escolha), as escolhas quando necessário, e se a informação do resultado é anônima ou não. A partir da definição do voto surge uma janela de voto através da interface de cada usuário. Após a apuração, cada usuário é informado sobre o resultado.

E, por fim, tem-se o método de tomada de decisão consensual, onde a decisão só é executada quando todos no grupo estabelecem um acordo. Johnson & Johnson (1997) afirmam que apesar deste método ser o mais efetivo, ele também demanda muito tempo, pois as interações são mais longas e com ocorrência de mais conflitos. Tedesco (2001) implementou este método na criação do seu sistema MArCo, por estar interessada diretamente em assistir a uma situação de conflito.

2.3.2.4 Coordenação das Atividades

Um dos problemas encontrados nos sistemas de suporte à aprendizagem colaborativa, é a coordenação no uso das ferramentas disponíveis. Conforme experimento relatado em (Rosatelli, 1999, p. 118-119), “a capacidade de visualizar as ações executadas pelo par em uma determinada janela ... não é bastante para manter o grupo trabalhando junto durante o processo de solução do caso”. A recomendação apontada sugere que o sistema colaborativo deve possuir mecanismos que façam com que de fato os alunos trabalhem em grupo. Neste sentido, o estudante deveria ser informado quando o outro estudante troca de ferramenta ou muda de fase. De um modo geral, o sistema deveria ser capaz de identificar a falta de coordenação na execução das atividades por parte do grupo e notificar os estudantes.

Este tipo de problema é mais previsível em sistemas que disponibilizam diversas ferramentas, tais como editor de texto cooperativo, *chat*, fóruns, mapeamento de solução entre outros.

² Disponível em <http://www.isrl.uiuc.edu/isaac/Habanero/>

Uma característica essencial para suportar a coordenação das atividades é a existência da propriedade de *awareness* (Pedersen & Sokoler, 1997). O termo *awareness* é utilizado para definir percepções necessárias em uma atividade cooperativa. Segundo Santoro *et al.* (1999) estas percepções podem ser do tipo social, de tarefas, de conceitos, do espaço de trabalho. A percepção social envolve a percepção da presença e das ações realizadas por outros membros.

2.3.2.5 Coordenação do Tempo

Sabe-se que não existe um tempo preciso necessário à realização de uma atividade de resolução de problema. Quando em sala de aula, o professor é o responsável por estipular o tempo para que a atividade se desenvolva, quer seja por etapas ou para a conclusão da tarefa como um todo.

Vários contratempos podem ocorrer com referência ao controle do tempo. Uma delas é a falta de conhecimento para resolver o problema por parte de um dos integrantes da equipe ou mesmo por todos. A ansiedade em terminar a atividade, acelerando as ações e minimizando as discussões. A falta de concentração e de planejamento, e inclusive um erro na estimativa de tempo necessário, calculado pelo professor. Por isto, um sistema de aprendizagem colaborativa para resolução de problema deve implementar algum mecanismo para contornar estes problemas.

2.3.3 O Processo Interativo

No trabalho de Jermann *et al.* (2001), estudou-se diversos sistemas classificados conforme 3 (três) tipos de modelos de suporte ao gerenciamento de interações colaborativas:

- a) *Sistemas que refletem ações*, denominados de sistemas *mirroring* (refletores), coletam dados em arquivos de *log*, e mostram para os colaboradores. NCSA Habanero é um exemplo de sistema que se enquadra nesta categoria.
- b) *Sistemas que monitoram o estado de interação*, denominados de ferramentas metacognitivas, modelam o estado da interação e provém aos colaboradores

com visualizações que podem ser usadas para auto-diagnosticar a interação. Estas visualizações tipicamente incluem um conjunto de indicadores que representam o estado da interação, possivelmente um conjunto de valores desejados para estes indicadores.

- c) *Sistemas de coaching ou advising (aconselhamento)*, guiam os colaboradores recomendando ações que os estudantes devem tomar para melhorar suas interações. Um exemplo deste tipo de sistema é o LeCS (Rosatelli, 1999). LeCS é um sistema colaborativo para resolução de estudo de casos em educação a distância.

Os sistemas foram analisados segundo os tipos de dados de interação que são assimilados, os processos que são usados para representação de dados de alto nível, e os tipos de *feedback* que estes sistemas fornecem aos usuários.

O sistema MArCo (Tedesco, 2001) se enquadra entre estas duas últimas categorias. Ele utiliza um modelo de conflitos meta-cognitivos e também um tipo de estrutura para o diálogo, além dos modelos de grupo e individual. Ele gera conselhos com o intuito de ajudar os grupos no processo de resolução de problemas.

A proposta discutida aqui, pode ser enquadrada entre a segunda e terceira categoria, uma vez que as principais funcionalidades do mediador são monitorar o estado de interação e fazer intervenções dirigidas aos aprendizes durante o curso de interação. O capítulo 4 apresenta, em detalhes, as funcionalidades do mediador.

2.3.4 Classificação dos Sistemas de Aprendizagem Colaborativa

Existem diversos sistemas de IA-ED que suportam a colaboração. Esta seção discute três trabalhos (Santos, 1999; Santoro *et al.*, 1999; Arriada 2001) que criaram algum tipo de classificação destes sistemas.

Santos (1999) propôs uma classificação dos diferentes usos da educação virtual apoiada na Internet em seis modalidades, na qual, relacionam-se com o escopo deste trabalho, as duas últimas:

- a) aplicações hipermídia para fornecer instrução distribuída;
- b) sites educacionais;
- c) sistemas de autoria para cursos a distância;
- d) salas de aula virtuais;
- e) *frameworks* para aprendizagem cooperativa; e
- f) ambientes distribuídos para aprendizagem cooperativa.

Os *frameworks* são vistos como sistemas que possuem ferramentas para o aprendizado ou para o trabalho cooperativo, sem domínio específico. Exemplo clássico deste tipo de sistema é o NCSA Habanero.

O *framework* Habanero³ foi desenvolvido pelo *National Center for Supercomputing Applications* da Universidade de Illinois, implementado em Java (com código e documentação disponível no site), possui diversas funcionalidades para suportar o trabalho cooperativo: whiteboard, *chat*, audio *chat*, ferramenta para co-edição de documentos, entre outras.

Os ambientes distribuídos visam fomentar o aprendizado cooperativo entre aprendizes num dado domínio, ou tarefa específica. Um levantamento de todas as aplicações existentes seria um tanto exaustivo, vista a larga escala de desenvolvimento em que se encontra esta linha de pesquisa.

O trabalho de Santoro *et al.* (1999) traça um perfil dos principais aspectos relacionados a 16 (dezesseis) ambientes de aprendizagem cooperativa organizados segundo um *framework* desenvolvido. Este *framework* considera oito aspectos relativos aos ambientes: teoria de aprendizagem no qual o ambiente está fundamentado, modelo de cooperação ou tipo de tarefas, domínio, tipos de interação (síncrona e/ou assíncrona), qualidade ou grau de interação, atividades de trabalho cooperativo, plataformas e relação com outras áreas de pesquisa. Entretanto, alguns aspectos são passíveis de crítica, tais como o aspecto qualidade ou grau de interação, onde os autores não definiram qual o critério de medição.

³ Disponível em <http://www.isrl.uiuc.edu/isaac/Habanero/>

O trabalho de Arriada (2001) definiu duas taxionomias: a primeira para a análise de ferramentas de apoio à aprendizagem cooperativa e a segunda para as formas de organização das atividades de aprendizagem cooperativa apoiadas por computador. Os critérios definidos a partir destas duas taxionomias, servem de orientação para o planejamento de atividades e avaliação dos recursos computacionais para apoio às atividades cooperativas.

Uma das principais preocupações deste trabalho foi compreender a relação entre as principais formas de organização do trabalho/aprendizado cooperativo com as ferramentas que melhor suportam cada uma dessas formas de organização. Desta forma, ele contribui para minimizar as dificuldades relacionadas a fatores como limitações de software, resistência do usuário e falta de habilidade para escolher e aplicar a ferramenta correta para uma determinada tarefa. Conforme afirma a autora (2001, p. 8),

“Entende-se que aos desenvolvedores esse conhecimento é essencial na construção de *softwares* com uma concepção pedagógica claramente cooperativa, desenhados de forma mais consciente e menos genérica. Por outro lado, aos educadores, o conhecimento das principais formas de organização das atividades cooperativas e das melhores possibilidades de ferramentas de suporte à cooperação é fundamental para a *escolha dos recursos* computacionais que melhor atendam suas necessidades pedagógicas”.

2.4 Sistemas Tutores Inteligentes com Enfoque Construtivista

Quanto aos STIs que se baseiam na teoria construtivista, pode-se observar que os sistemas desenvolvidos até a presente data, não incorporam os fundamentos dessa teoria no seu *design*, mas sim alguns elementos dessa teoria na avaliação do aluno, ou na modelagem do tutor. As interações do sistema com o aprendiz, muitas vezes, são ainda executadas através de um modelo de ensino-aprendizagem tradicional. Considerando por modelo de ensino-aprendizagem tradicional (Zacharias, 2003) um

processo de transmissão de informações, onde não se enfatiza o processo de aprendizagem. O aluno tem um papel insignificante na elaboração e aquisição dos conhecimentos. O tutor, neste caso, não representa o papel de um professor construtivista.

Por exemplo, em (Arroyo *et al.*, 1999) propõe-se o uso da noção de Piaget de desenvolvimento cognitivo na construção de pré-testes que são então usados para a melhoria da habilidade de raciocínio do tutor. Dessa forma, são detectadas as diferenças individuais que, além de predizerem o desempenho geral do estudante, podem também ser aplicadas às decisões de tutoramento.

O Sistema Tutorial Inteligente MFD – *Mixed numbers, Fractions and Decimals* (Arroyo *et al.*, 1999), foi desenvolvido segundo a hipótese de que estudantes com diferentes níveis de desenvolvimento cognitivo devem se comportar de modo diferenciado no contexto de um sistema tutor no domínio da matemática. Essa é considerada uma razão suficiente para as crianças serem ensinadas com diferentes estratégias. Dentro deste contexto supõe-se que a população de estudantes avaliados têm diferentes níveis cognitivos, apesar da pouca variação de idade (entre 10 e 11 anos). Se esse é o caso, então o nível de desenvolvimento cognitivo seria um aspecto importante a considerar quando se adapta o comportamento deste sistema tutor.

No experimento realizado, diversas tarefas piagetianas clássicas foram adaptadas para medir os níveis de desenvolvimento cognitivo para uso no computador, buscando identificar os estágios de operações concretas e operações formais. Este experimento foi realizado com 60 (sessenta) crianças do ensino fundamental.

O estudo mostrou que essa medida prevê o desempenho do estudante quanto ao tempo para resolver os problemas, à taxa de erros, à média do grupo para resolver o problema, e também quanto ao número de problemas que o estudante necessita resolver para dominar um tópico. O enfoque principal deste trabalho está em desenvolver um sistema tutorial que atenda ao pressuposto piagetiano de que o ensino deve estar de acordo com o nível de desenvolvimento mental do estudante, buscando desta forma fazer com que o tutor saiba identificar e se adaptar aos diferentes níveis cognitivos de cada aprendiz.

Em contrapartida, Akhras e Self (2000), preocupados com a criação de sistemas de aprendizagem inteligentes que estivessem de acordo com a visão construtivista, definiram mecanismos formais para suportar a representação do conhecimento, o raciocínio e a tomada de decisão em sistemas inteligentes. Este formalismo especifica um modelo baseado em quatro propriedades do processo de aprendizagem construtivista: cumulatividade, construtividade, auto-regulatividade e reflexividade.

Os autores enfatizam que, sob a visão construtivista, o foco do aprendizado deve estar centrado no processo e não no produto do aprendizado. A avaliação do processo de aprendizado, conforme estas quatro propriedades, visa capacitar o sistema para que o mesmo se adapte às necessidades do aprendiz.

A partir deste modelo teórico, foi desenvolvido o INCENSE – *Intelligent Constructivist Environment for Software Engineering learning*. Ele é capaz de analisar os processos de interações (estendidos no tempo) entre um aprendiz e um conjunto de situações de engenharia de software fornecidas pelo ambiente em termos das quatro propriedades já mencionadas. O conjunto de situações compreende as três principais fases da engenharia de software: o planejamento, a especificação de requisitos e o projeto.

O INCENSE pode ser visto como um laboratório de engenharia de software, que possui duas tarefas principais:

- a) modelar um processo de engenharia de software – quando o aprendiz constrói um modelo de um processo particular de engenharia de software. Este modelo é definido em termos dos conceitos de processos, materiais, resultados, conteúdos e seqüências.
- b) aplicar um modelo de processo de engenharia de software em um projeto de desenvolvimento de software – quando o aprendiz utiliza um modelo de um processo particular de engenharia de software.

O INCENSE foi desenvolvido em Prolog e um experimento de seu uso foi realizado, no qual dois estudantes utilizaram o sistema individualmente por trinta minutos. Eles

tinham que realizar a tarefa de modelar um processo de engenharia de software relacionada ao planejamento de projeto. O principal objetivo deste estudo era observar o desenvolvimento das propriedades de cumulatividade, construtividade, auto-regulatividade e reflexividade nas seqüências de eventos de aprendizagem desenvolvidas por estudantes reais.

Os resultados deste experimento foram tabulados de forma a computar o número de entidades construídas por cada estudante com referência a cada uma das quatro propriedades. A partir da verificação e comparação destes resultados, o sistema pode adaptar o ambiente de aprendizagem para facilitar a ocorrência de propriedades desejáveis.

Em Rouane *et al.* (2002) os autores apresentam o LKC – *Learning by Knowledge Construction*, como um novo paradigma para a construção de STI com o objetivo de prover efetivo suporte aos estudantes em todos os estágios da atividade de leitura, de documentos de anotações a representações externas e argumentação. Os estudantes irão utilizar o sistema:

- a) primeiro nos documentos de leitura, os quais resultam na seleção e transformação de informação;
- b) em um segundo momento na representação, para fazer representações externas de suas idéias, e construir argumentações;
- c) e por fim, recebendo *feedback* instantâneo do sistema.

A construção de conhecimento no processo de leitura, envolve três passos de estruturação de conhecimento a serem tomados pelos estudantes: construção de microestruturas, construção de macroestruturas e construção de representações externas. Tendo isto em consideração, no sistema LKC o projetista cria um Modelo de Referência deste conhecimento para dar aos aprendizes um suporte em cada estágio do processo estruturante. O Modelo de Referência contém os modelos de microestrutura, macroestrutura, representações externas, argumentação e rede epistêmica.

Foi implementada uma primeira versão do protótipo LKC em MS Visual C++ e usando MS Access como banco de dados. Esta versão foi experimentada numa

aplicação industrial. O protótipo LKC consiste num Ambiente de Autoria e de Aprendizagem.

O Ambiente de Autoria é um conjunto de editores gráficos usado pelo projetista para criar e atualizar o modelo de referência de um documento 'bruto'. O resultado do processo de autoria é a criação de um documento aumentado, o qual é a combinação do documento 'bruto' e seu modelo de referência. Este modelo de referência não é considerado como modelo absoluto, mas como a visão do projetista no assunto em questão e irá apenas ser usado como ponto de partida de aprendizagem que pode ser eventualmente criticado e melhorado.

O Ambiente de Aprendizagem do estudante pode ser usado de dois modos: no modo controlado ou supervisionado e no modo livre ou sem supervisão.

Na atividade de leitura controlada o estudante é convidado a ler o material enquanto executa algumas tarefas epistêmicas. Uma Tarefa Epistêmica (TE) foi definida pelos autores como a construção, pelo estudante, de uma representação externa ou uma argumentação presente no modelo de referência do documento e previamente criado pelo projetista.

Para executar uma TE os estudantes podem usar duas ferramentas: um módulo de anotação inteligente, e representações externas e editor de argumentações. O módulo de anotação inteligente dá ao estudante meios para selecionar e marcar fragmentos do texto para construir microestruturas e organizá-los em macroestruturas. Este módulo, a partir da avaliação da TE corrente a executar, guia a atenção dos estudantes para a área certa de um documento texto para ler ou reler. As representações externas e o editor de argumentação fornecem ao estudante meios para construir representação gráfica das idéias do texto requeridas através da tarefa epistêmica corrente.

Na atividade de leitura livre, o estudante usa as mesmas ferramentas de edição que no modo controlado, mas ele é livre para construir sua própria visão de documento lido, se ele sente que o modelo de referência não é suficiente ou ele pode ser melhor.

Embora mesmo esta sendo uma atividade livre, o sistema pode ainda fornecer ajuda e *feedback* para o estudante. Para atingir este objetivo, o sistema LKC usa o

conhecimento armazenado no Modelo Coletivo (uma compilação de todos os trabalhos livres feitos pelos estudantes) e o contexto corrente, para encontrar compatibilidades entre a construção do estudante e as construções similares de outros estudantes no mesmo contexto. O estudante pode reutilizar ou argumentar sobre o trabalho de outros. Estas argumentações e críticas do estudante, e talvez argumentação contra dos criadores, tornam-se parte do Modelo Coletivo e irão automaticamente ser usadas pelo sistema no futuro para prover *feedbacks* e críticas sobre o trabalho dos estudantes.

O Módulo de Melhoria do Curso é responsável por analisar o Modelo Coletivo e sugerir ao projetista representações do conhecimento interessantes aos estudantes (representações externas e argumentação). O projetista pode então integrar estas novas descobertas no Modelo de Referência para a melhoria da qualidade do curso de um modo incremental.

Nota-se que esta abordagem de STI, segue a tendência de uma arquitetura estendida conforme previsto por Self (1999), pois há uma clara relação entre os módulos de uma arquitetura padrão com esta. Por exemplo, pode-se dizer que o Modelo de Referência representa o Módulo Especialista; o Módulo do Estudante é representado pelos Modelos de Argumentação, Representação Externa e de Micro e Macroestruturas; e os Módulos de Anotação Inteligente e de Melhoria do Curso representam o Módulo Tutor, todos eles com algumas características particulares. Há ainda o Modelo Coletivo que neste caso representa o Modelo do Grupo para atender atividades colaborativas.

Um outro trabalho interessante é o de Sobral & Ferreira (2002). Eles estão desenvolvendo um projeto para um tutor inteligente cooperativo o Tcoop, que visa auxiliar ambientes de aprendizagem para análise de requisitos de software, conteúdo trabalhado em disciplinas de engenharia de software dos cursos de computação. O Tcoop foi idealizado a partir do tutor TAOO, um tutor para ambientes monousuários.

A idéia é que o Tcoop consiga assistir os alunos em atividade de aquisição de conhecimento e realização de experimentos sobre o projeto de um software real, um aplicativo prático, através da cooperação como num ambiente de sala de aula. O

Tcoop também irá atender os professores na elaboração do material didático. Desta forma, o Tcoop está preocupado com os dois principais elementos da sala de aula: o aluno e o professor.

Os autores afirmam que todo o projeto do Tcoop está norteado pela teoria construtivista e espera-se que, a partir das atividades que o sistema tutor propõe aos alunos eles possam criar experiências construtivas.

A arquitetura do sistema é composta de componentes ativos e passivos. Os componentes ativos se constituem de três agentes (1) agente tutor – coordena as atividades do ambiente; (2) agente de interface – responsável pela comunicação entre o usuário e o agente tutor e também pelas interfaces; e (3) agente pedagógico – responsável pelas decisões pedagógicas; e dois servidores (1) servidor autoria – assiste o preparo de aulas, exercícios e trabalhos e (2) servidor interação – responsável pela manipulação de dados. Os componentes passivos são baseados em repositórios de informações, tais como base de conhecimento do domínio e do modelo, tutorial, aulas virtuais, mural de avisos entre outros. O tutor ainda se propõe a fornecer um conjunto de funções de assistência ao(s) aluno(s) e ao professor.

A primeira vista, a proposta do Tcoop parece bastante interessante como apoio para o processo de ensino-aprendizagem na área de engenharia de software, e demonstra relativa preocupação em aplicar os pressupostos da teoria construtivista. Todavia como este é um projeto em andamento, esta crítica pode ser considerada um pouco superficial, uma vez que não é possível compreender de que maneira estes pressupostos estão sendo aplicados no desenvolvimento do tutor, a partir da única publicação que foi encontrada sobre este trabalho.

2.5 Sistemas de Aprendizagem Colaborativa Apoiada por Computador com Enfoque Construtivista e Sócio-Construtivista

Nesta seção são descritas três diferentes propostas de ambientes colaborativos. As duas primeiras possuem embasamento na teoria construtivista e a terceira proposta está fundamentada na teoria do construtivismo social.

Silveira (2000) propõe uma infra-estrutura para o desenvolvimento de Ambientes Inteligentes Distribuídos de Aprendizagem (*Distributed Intelligent Learning Environment* – DILE) baseado na arquitetura multiagentes voltado para educação a distância para múltiplos domínios. Esta infra-estrutura foi denominada de JADE – *Java Agent framework for Distance learning Environments*, cujo propósito é prover uma infra-estrutura básica de código em linguagem Java, bem como proporcionar uma metodologia adequada para o ensino.

Do ponto de vista educacional, o sistema busca obter um diagnóstico cognitivo acurado do aprendiz através de um Modelo do Aluno, seguindo 3 (três) indicadores:

- a) conhecimentos – refere-se ao conhecimento que o aluno já possui e ao que vai passar a possuir conforme interage com o ambiente;
- b) habilidades – refere-se às aptidões que o aluno deve possuir para o acompanhamento do curso (como se fossem pré-requisitos) inclusive as habilidades relacionadas às ferramentas disponíveis no ambiente;
- c) atitudes – refere-se às atitudes do aprendiz frente ao uso do ambiente, conforme classificação dos aprendizes em três grupos: não-cooperativos, cooperativos e pró-ativos.

Durante o desenvolvimento do JADE, foi implementado um protótipo utilizando métodos e características da arquitetura do JADE. Este protótipo teve o nome de Eletrotutor III. Remodelado do Eletrotutor II, tem poucas semelhanças com seus antecessores, entretanto muitas de seu sucessor, se assim pode ser chamado o Eletrotutor IV. O Quadro 2.1 descreve as principais características dos Eletrotutores.

Quadro 2.1. Principais Características dos Eletrotutores

Sistema	Implementação	Características do Tutor
Eletrotutor I – por (Silveira, 1992)	ARITY-PROLOG	Arquitetura tradicional de Sistema Tutor Inteligente
Eletrotutor II – por (Silveira, 1996)	HTML, e Java Script	Interface Gráfica, arquitetura de tutores convencional, utilizada em ambiente de ensino via Internet
Eletrotutor III – por (Bica, 1999) e (Ascencio, 2000)	HTML, Java Script, e Java (<i>applets java</i>)	Utilizando e aperfeiçoando os conceitos e definições da arquitetura que tinham sido, até então, estabelecidas para o JADE
Eletrotutor IV – por (Reis, 2000)	Diversas linguagens	Arquitetura JADE, com novas definições do JADE, buscando deixar o sistema mais robusto e capaz de implementar ambientes de ensino mais adaptativos devido ao aperfeiçoamento na modelagem do aluno e nas estratégias de ensino

O Eletrotutor III foi criado para o ensino-aprendizagem de alguns temas da área de Eletrodinâmica, os capítulos são exibidos através de uma interface que exhibe as informações aos alunos de forma variada, e “em uma seqüência que é montada dinamicamente junto com os exercícios e os exemplos, até que o sistema conclua que o aluno aprendeu a lição, atingindo assim o objetivo” (Silveira, 2000, p. 86).

Sobre as estratégias de ensino, o ambiente foi desenvolvido para trabalhar com duas modalidades: Tutorial e Autônomo.

- a) Modalidade Autônomo - o aluno tem controle sobre os assuntos (exercícios, exemplos, material de apoio...), podendo assim executar qualquer lição, da maneira que melhor lhe convier. Nesta modalidade não se guarda nenhuma informação do aluno ou das lições cumpridas. O autor considera esta modalidade como uma metodologia de ensino centrada no aluno.

- b) Modalidade Tutorial - o sistema controla as atividades, fazendo as lições, exemplos e exercícios sucessivamente. Durante todo o percurso do aluno no sistema, há uma verificação de sua performance, por meio da avaliação quantitativa de seus erros.

Verifica-se que este sistema apresenta um discurso de metodologia centrada no aluno, apoiado pelo construtivismo, mas na prática, isto nem sempre é verificado. Este seria um exemplo clássico de discurso construtivista e prática instrucionista. Duas questões apoiam esta afirmação. Em primeiro lugar, o sistema utiliza-se de uma forma exaustiva de buscar o aprendizado do aluno enfatizado pelo discurso de que "... o aluno pode repetir cada exemplo quantas vezes desejar, (...) até que compreenda perfeitamente (...) quando então pode passar, ou para o exemplo seguinte, ou para os exercícios da lição" (Silveira, 2000, p. 86).

A segunda questão está relacionada ao tratamento dado quando o aluno erra. Quando isto acontece o sistema adverte o aluno dizendo que ele errou e exibe a forma correta de resolver. Isto pode ser verificado através da figura 28 em Silveira (2000, p. 97).

Wiley em (2001) afirma que o modelo de aprendizagem por objetos ou *peer-to-peer* (P2P) são modelos propícios ao desenvolvimento de ambientes colaborativos construtivistas. Baseado na premissa de que neste tipo de ambiente, os pares de aprendizes podem construir, juntos, o material sobre um certo domínio a partir das trocas de suas criações individuais, onde eles estão o tempo todo compartilhando da mesma informação.

O modelo de aprendizagem por objetos pode ser visto como ambientes que funcionam como repositórios de pequenos blocos de conteúdo, que podem ser reutilizados em diferentes ambientes de aprendizagem. Para que estes blocos de conteúdos possam facilitar a aprendizagem, eles devem estar inseridos dentro de um contexto instrucionalmente funcional. Desta forma, eles devem estar relacionados, conectados fisicamente (numa página ou através de *links*) ou temporariamente (como em uma apresentação). Mas quem será responsável por desenvolver estas relações ou criar estes contextos?

A partir destas questões, o autor declara que “... se nós formos transferir aos estudantes esta responsabilidade dados certos guias e condições, a oportunidade para um novo tipo de aprendizagem construtivista colaborativa pode surgir” (p. 495).

Surge então a idéia de que os estudantes poderiam colaborar para elaborar relações entre os objetos no sistema, no que o autor sugere que um modelo conceitual pode ser criado a partir de hipertextos construtivos. Mas este modelo não é apresentado.

Diante destes fatos, infere-se que esta proposta baseia-se na crença de que o fato de prover ferramentas propícias para que um par de aprendizes possa criar relações entre blocos de conteúdos, faz com que eles construam conhecimento.

Nesta proposta não existe a preocupação com a existência de um tutor que possa intervir no comportamento e diálogo dos aprendizes. Em contrapartida, os autores enfatizam a necessidade de que os sistemas colaborativos devem prover ferramentas que permitam que os aprendizes trabalhem juntos o tempo todo como num encontro face-a-face, o que eles denominam de “unidos nós permanecemos”. Esta ênfase para que as atividades desenvolvidas no ambiente transcorram de forma efetivamente colaborativa, também é defendida nesta tese. A idéia é promover a colaboração de maneira que um único aluno não consiga resolver a tarefa proposta sozinho. Sendo assim, cada aluno deve colaborar e negociar com os outros para resolver o problema. O capítulo 5 aborda esta questão com mais detalhes.

Miao & Haake (2001) desenvolveram um CVE (*Collaborative Virtual Environment*) projetado para suportar a PBL (*Problem Based Learning*), tendo sua base teórica situada no construtivismo social. Esta abordagem consiste de duas partes. A primeira foi desenvolver um método de representação de conhecimento para estruturar espaços de informação compartilhada para a PBL. A segunda, foi usar a metáfora de um instituto virtual para modelar espaços de trabalho compartilhados para aprendizagem. Estes dois espaços foram modelados como dois hiperdocumentos que estão inter-relacionados dentro de um ambiente de aprendizagem virtual.

Através de uma análise do processo PBL, foram identificados tipos de unidades de informação e suas relações que são tratadas nestes processos. O resultado é um meta-conhecimento chamado esquema de rede PBL (*PBL-net schema*).

Este esquema é representado através das relações existentes entre vários nós e *links*. Os nós e *links* são baseados em diversas tarefas que compõem o processo de aprendizagem baseada em problemas. Baseado no esquema de rede PBL foi desenvolvida uma ferramenta de representação de conhecimento colaborativa. Por meio desta ferramenta, os participantes são capazes de colaborativamente construir uma representação de conhecimento particular como um hiperdocumento, chamado de hiperdocumento PBL.

Para iniciar uma atividade PBL, os usuários podem criar um nó rede-PBL através do uso do editor de documento, podendo então, construir sua própria rede-PBL pela criação e manipulação de nós e *links*. Através do uso do mesmo editor de documentos, os usuários podem (1) editar unidades de informação em diversos formatos (texto, tabela, imagem, notações); (2) criar uma página de conteúdo ou conectá-la a uma página de documento existente; (3) construir colaborativamente uma representação de conhecimento compartilhado e (4) interagir com cada um através da representação de conhecimento compartilhado.

O modelo de instituto virtual é chamado de hiperdocumento instituto e consiste de 4 entidade primárias: *place*, *agent*, *document* e *tool*. Um *place* é um espaço computacional, dentro do qual objetos podem existir e a interação social pode acontecer. Na estrutura do hiperdocumento ele está representado como um nó, possuindo atributos tais como nome, tipo, conteúdo, e proprietário.

Um *agent* representa um ator (um aprendiz, um tutor ou um especialista) ou um grupo. Um grupo pode consistir de outros agentes que podem ser atores ou outros (sub-)grupos.

Uma *tool* (por ex. *Whiteboard*, computador, *bookshelf*, *chatboard*, telefone, *speaker*, *message-box*, calendário, etc.) provê certas funcionalidades e está disponível num lugar. Algumas ferramentas também podem estar conectadas.

Um *document* é uma unidade lógica de informação que irá ser tratada (por ex. Armazenada, movida, aberta, ou destruída) como um todo. Documentos podem ser

conectados por *links*. Um documento está localizado em qualquer lugar no *place*, tal como numa *bookshelf* ou num *whiteboard*.

De acordo com os autores (Miao & Haake, 2001), esta abordagem tem cinco características primárias. Primeiramente, o espaço de trabalho compartilhado e o espaço de informação compartilhada são criados separados e conectados via referências. Segundo, a utilização de um conjunto de elementos icônicos para a representação do hiperdocumento instituto torna o espaço de trabalho compartilhado intuitivamente perceptível. Terceiro, através da manipulação de elementos do hiperdocumento instituto, os usuários podem construir e customizar contextos de aprendizagem para aprendizagem situada. Quarto, a representação de conhecimento compartilhado para a PBL está visualmente presente. Quinto, a definição de atributos adicionais e operações sobre os nós podem suportar atividades específicas PBL.

CROCODILE – *Creative Open Cooperative Distributed Learning Environment*, é o nome dado ao sistema protótipo criado a partir desta proposta, baseado no COAST, um *framework* para o desenvolvimento de *groupware* que fornece suporte à cooperação. Ele foi implementado em VisualWorks Smalltalk e disponibilizado sobre o Windows 95,98, NT e Solaris. Os usuários pretendidos do CROCODILE são aprendizes adultos que têm diferentes *backgrounds* e querem melhorar sua competência em sua carreira profissional.

Este protótipo foi testado e utilizado primeiramente por cinco pessoas sobre um tópico de interesse do grupo de pesquisa. Uma pessoa faz o papel de tutor. Este teste durou duas semanas, com uma média de uma hora por dia de trabalho. Algumas vezes eles trabalharam em regime de colaboração síncrona no laboratório e outras vezes eles trabalharam em diferentes escritórios em regime de colaboração assíncrona.

O instituto virtual criado neste teste tinha dezessete lugares. Os usuários eram capazes de utilizar a funcionalidade do sistema intuitivamente para navegar no instituto virtual, e para criar novos lugares e artefatos quando eles necessitassem. Para os autores (Miao & Haake, 2001) esta experiência indicou que os usuários acharam que a informação sobre o contexto local de aprendizagem era rico e fácil de

ser entendido, onde os mesmos puderam usar suas experiências do mundo real para escolher ferramentas disponíveis ou para criar novas, para manusear documentos e para interagir entre eles no instituto virtual. Mostrou também que a rede PBL provê significativo pensamento e aprendizado, facilita a interação social e a construção social de conhecimento.

2.6 Considerações Finais

Este capítulo constitui-se principalmente em pesquisa bibliográfica sobre o desenvolvimento de STI e CSCL. Esta pesquisa foi feita nos principais meios de publicações destas duas áreas, tais como: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE2002), Workshop de Informática na Escola (SBC2002), Revista Brasileira de Informática na Educação, Proceedings of 1st European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning (Euro-CSCL'2001), Proceedings of 5th and 6th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS2000, ITS2002), Proceedings of 9th International Conference on Artificial Intelligence in Education (IA-ED'99), International Journal of Artificial Intelligence in Education, entre outros.

A partir deste levantamento pode-se constatar a existência de poucos sistemas (tanto STI quanto CSCL) embasados pela teoria construtivista e apenas um fundamento pela sócio-construtivista.

Em contrapartida, nenhum destes trabalhos possui uma relação direta com a proposta apresentada nesta tese, principalmente porque nenhum deles enfoca diretamente a questão da interação sob os três aspectos que são abordados. Sucintamente pode-se dizer que, todos os trabalhos descritos, cada qual com suas particularidades, contribuem para o desenvolvimento de ambientes de aprendizagem baseados na abordagem construtivista e sócio-construtivista, através do esforço em aplicar tais pressupostos em seus modelos computacionais.

Para auxiliar nesta tarefa, na seção 2.2.3 foram pontuadas as principais características de um STI construtivista e na seção 2.3.3 foram apresentados os tipos existentes de suporte ao gerenciamento de interações.

Uma das questões discutidas no desenvolvimento de CSCL, além da preocupação com as questões técnicas inerentes, é como de fato prover um aprendizado colaborativo. Não se pode esperar que o simples fato de prover ferramentas para propiciar a colaboração, garanta que os usuários estarão predispostos a utilizá-las para este fim. Por outro lado, a idéia defendida neste trabalho considera que um sistema é colaborativo de fato se, nenhum usuário consegue realizar uma sessão de trabalho de modo individual. Ou seja, a colaboração é essencial à tarefa. O capítulo 5 discute esta questão.

3 A ABORDAGEM SÓCIO-CONSTRUTIVISTA DE APRENDIZAGEM E A METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Este capítulo aborda dois temas centrais a esta tese. O primeiro, através de um recorte nos trabalhos de Jean Piaget e Lev S. Vygotsky, busca descrever e relacionar seus estudos frente ao desenvolvimento cognitivo, no que concerne aos aspectos de autonomia, cooperação e relacionamento inter-pessoal. São discutidos também o significado de relação mediada e o papel da intervenção no processo de aprendizagem. O estudo destas duas abordagens psicogenéticas constitui a base para a elaboração das diretrizes do mediador sócio-construtivista (apresentado no capítulo 4). Desta forma, o capítulo inicia-se com uma discussão sobre o significado do termo sócio-construtivismo.

O segundo tema, foi investigar a metodologia de resolução de problemas como um método eficaz para se aplicar os pressupostos centrais destas duas abordagens. Dentro do contexto de resolução de problemas, a interação com o ambiente e as trocas entre os aprendizes são consideradas elementos fundamentais para a aprendizagem.

3.1 Contextualizando o Termo Sócio-Construtivismo

O termo sócio-construtivismo é bastante utilizado e às vezes o seu significado também é referido através da expressão “construtivismo social”. Esta última é encontrada com menos frequência na literatura. A origem do termo sócio-construtivista parece ser ainda um pouco confusa. Das publicações investigadas que fazem alusão ao termo, algumas fazem referência ao trabalho de Vygotsky e seus seguidores, outras ao trabalho dos piagetianos e, em alguns casos, os autores fazem referência ao termo sem ao menos contextualizar o seu uso.

A atribuição do termo sócio-construtivismo ao trabalho de Vygotsky parece ser utilizada com mais frequência (Silva, 2000; Molina & Azevedo, 2002), embora alguns pesquisadores questionem o uso do conceito construtivismo a Vygotsky, como por

exemplo Duarte (1995) que levanta a hipótese de que “A Escola de Vygotsky não é interacionista nem construtivista”.

O mesmo autor critica duramente o uso das expressões sócio-interacionismo, sócio-construtivismo, sócio-interacionismo-construtivista e construtivismo pós-piagetianos para se referir à Escola de Vygotsky. Ele afirma que nenhuma destas expressões foi sequer utilizada nem por Vygotsky, nem por seus principais colaboradores Luria e Leontiev. Na verdade, tais estudiosos utilizaram as denominações Teoria Histórico-Cultural e Teoria da Atividade para fazer referência aos seus trabalhos. Esta última mais vinculada ao trabalho de Leontiev.

Um ponto importante a considerar na crítica de Duarte (1995) reside no fato dele questionar que as pesquisas de Piaget e Vygotsky sobre o aspecto social foram abordadas de forma completamente diferentes. Conforme suas palavras

“... o interacionismo é um modelo epistemológico que aborda o psiquismo humano de forma biológica, ou seja, não dá conta das especificidades desse psiquismo enquanto um fenômeno histórico-social. Com isso estamos defendendo que a Psicologia Histórico-Cultural não é uma variante do interacionismo-construtivista. Não basta colocarmos o adjetivo social. A questão é a de que a especificidade dessa escola da psicologia perante outras não pode ser abarcada pela categoria de interacionismo nem pela de construtivismo” (Duarte, 1995).

Do seu ponto de vista, algumas publicações brasileiras estão incorrendo no erro de simplesmente acrescentar o “social” ao construtivismo. O autor adota a expressão interacionismo-construtivista para fazer referência aos trabalhos de Piaget, afirmando que ambos os termos possuem origem nas obras de Piaget.

Por outro lado, várias publicações (Oliveira, 1997; Rosa, 2000; Garnier *et al.*, 1996) discutem os trabalhos de Piaget e Vygotsky com o intuito de encontrar pontos em comum, pontos de discordância e também aspectos complementares entre as duas teorias. Apenas para ilustrar, segue transcrição de um pequeno trecho sobre a posição de Oliveira (1997, p. 103-104)

“Embora haja uma diferença muito marcante no ponto de partida que definiu o empreendimento intelectual de Piaget e Vygotsky – o primeiro tentando desvendar as estruturas e mecanismos universais do funcionamento psicológico do homem e o último tomando o ser humano como essencialmente histórico e portanto sujeito às especificidades de seu contexto cultural – há diversos aspectos a respeito dos quais o pensamento desses dois autores é bastante semelhante ... Tanto Piaget como Vygotsky são interacionistas, postulando a importância da relação entre indivíduo e ambiente na construção dos processos psicológicos; nas duas abordagens, portanto, o indivíduo é ativo em seu próprio processo de desenvolvimento: nem está sujeito apenas a mecanismos de maturação, nem submetido passivamente a imposições do ambiente.”

Em Garnier *et al.* (1996) os autores afirmam que o termo sócio-construtivista é oriundo da Escola de Genebra, que representa trabalhos de pesquisadores ocidentais (europeus e/ou americanos), constituindo os assim chamados pós-piagetianos. Esta obra (Garnier *et al.*, 1996) está organizada em três partes: a primeira apresenta diversas pesquisas em didática segundo a perspectiva sócio-construtivista, a segunda parte é constituída de relatos sobre pesquisa psicopedagógica posterior aos trabalhos de Vygotsky e, por último os comentários sobre os trabalhos apresentados.

“De fato, se por um lado os estudos realizados pelos seus autores têm seus fundamentos em Piaget, na verdade, situam-se mais em uma perspectiva construtivista social, que se distingue da tese piagetiana. Certos aspectos fundamentais, oriundos do construtivismo, servem, no entanto, de base para as pesquisas apresentadas” (Garnier *et al.*, 1996, p.16).

Para Molina & Azevedo (2002), a perspectiva sócio-construtivista abrange diversas correntes correlatas, tais como a Teoria Sócio-Cultural de Vygotsky e alguns de seus

seguidores (Van Der Veer, Valsiner, Wertsch), o Construtivismo Socialmente Orientado que tem como precursores Steffe, Gale, Doise e Mugny e a Teoria da Cognição Situada onde cita-se os trabalhos de Lave & Wenger. Para os autores, a abordagem sócio-construtivista tem como ponto central no processo de aprendizagem os aspectos sociais e culturais, comprovada através da afirmativa

“De uma perspectiva sócio-construtivista, a aprendizagem se dá através da interação do indivíduo com seu ambiente. É um processo que visa integrar as novas experiências com o conhecimento prévio mediante o uso dos meios materiais e simbólicos proporcionados pelo seu ambiente cultural” (Molina & Azevedo, 2002).

Estes dois últimos trabalhos citados (Garnier, Molina & Azevedo) têm em comum a referência às pesquisas de Doise e Mugny como constituintes da perspectiva sócio-construtivista.

Em síntese, toda esta discussão serviu para verificar que não há uma concordância absoluta quanto à denominação dos trabalhos de Piaget, de Vygotsky e tampouco quanto ao termo sócio-construtivismo. Nesta tese, o termo sócio-construtivismo adotado faz referência aos trabalhos de Vygotsky e de Piaget com influência dos Pós-Piagetianos. Para caracterizar tal perspectiva, é importante ressaltar que ela considera a aprendizagem como resultado de uma atividade interativa, do indivíduo com os objetos e com os outros (relação interpessoal), e que o amadurecimento de determinados conceitos não é igual para todos os indivíduos e está relacionado às oportunidades que o meio cultural lhes oferece. O professor dentro desta perspectiva, pode ser visto como um membro mais amadurecido deste grupo de aprendizagem que media o processo interativo.

3.2 O Desenvolvimento e a Aprendizagem Segundo a Abordagem Sócio-Construtivista

Considerando os estudos de Piaget e Vygotsky, nota-se que estes dois pensadores iniciaram seus estudos com ideais diferentes, mas as contribuições que eles deixaram convergem em vários pontos.

A idéia não é agrupar as duas teorias como se fossem iguais e tampouco escolher uma das duas. O que se busca neste trabalho, é aplicar algumas contribuições de cada uma destas duas abordagens na constituição de um alicerce propício ao desenvolvimento de atividades de resolução de problemas em grupo por meio de um ambiente computacional.

É interessante ressaltar o paradigma educacional proposto por Moraes (1997, p. 203) como sendo "... construtivista, interacionista e sociocultural, porque o conhecimento é produzido na interação com o mundo, um mundo físico e social". O conhecimento está sempre em construção. Desenvolve-se a partir da interação do sujeito com si próprio, do sujeito com seus semelhantes e do sujeito com os objetos, inserido na sua realidade, através de relações físicas, sociais e afetivas.

Partidariamente à proposta de Moraes, Oliveira (2002), por considerar a educação uma área interdisciplinar e aplicada, critica duramente a prática da adoção de uma única teoria como referência ímpar para a prática pedagógica. Ela propõe como uma conduta correta, o estudo aprofundado de várias e diferentes perspectivas, para que contribuam no real entendimento do processo educativo.

No texto a seguir, são feitas algumas elucidações sobre aspectos considerados mais pertinentes das idéias destes dois estudiosos (Piaget e Vygotsky) frente aos conceitos de desenvolvimento e aprendizagem.

A principal preocupação de Piaget foi o estudo teórico e experimental da gênese dos processos mentais, ou seja, a compreensão de como esses processos vão sendo construídos ao longo da vida do indivíduo. Ele classificou o desenvolvimento cognitivo do indivíduo em quatro principais estágios: sensório-motor, pré-operatório, operatório concreto e operatório formal. Estes estágios se fundem gradualmente uns

nos outros, através de numerosos sub-estágios, e percebe-se que os primeiros estágios são absorvidos pelo pensamento posterior.

As faixas etárias determinadas para cada estágio não representam patamares discretos e também não são encaradas como níveis de amadurecimento ou níveis educacionais, mas como resultado de assimilação e acomodação, que por sua vez depende da interação entre amadurecimento e experiência (Brearley & Hitchfield, 1973).

Para Piaget, o mecanismo de aprender do indivíduo é sua capacidade de reestruturar-se mentalmente procurando um novo equilíbrio (novos esquemas de assimilação para adaptar-se à nova situação). Desta forma, o ensino deve buscar ativar este mecanismo. Para que isto ocorra esta ativação deve ser compatível com o nível de desenvolvimento mental em que se encontra o indivíduo (Moreira, 1985). Azenha (1997, p. 24) declara que a teoria desenvolvida por Piaget apóia-se no seguinte modelo biológico:

“... a concepção do funcionamento cognitivo em Piaget é a aplicação no campo psicológico de um princípio biológico mais geral da relação de qualquer ser vivo em interação com o ambiente. Ser bem sucedido na perspectiva biológica implica a possibilidade de conseguir um ponto de equilíbrio entre as necessidades biológicas fundamentais à sobrevivência e as agressões ou restrições colocadas pelo meio à satisfação dessas mesmas necessidades”.

A abordagem construtivista, conforme afirma Campos *et al.* (1998), “permite o uso de estratégias internas para a construção do conhecimento, dá ao aluno a oportunidade de desenvolver melhor suas habilidades cognitivas, extrapolar o conteúdo definido, buscar informações em outros contextos, testar estratégias e descobrir de forma imprevista”.

O conceito de aprendizagem para Vygotsky envolve sempre a pessoa que ensina, a pessoa que aprende e a relação entre elas, ou seja, inclui a interdependência entre

todos os indivíduos envolvidos neste processo. O significado de aprendizagem para Vygotsky envolve sempre o conceito de interação social.

A ênfase de Vygotsky ao papel do outro social no desenvolvimento dos indivíduos funde-se na elaboração de um conceito fundamental para o entendimento de suas idéias sobre as relações entre desenvolvimento e aprendizado: o conceito de **zona de desenvolvimento proximal** – diferença entre o nível de desenvolvimento real e o potencial.

“A zona de desenvolvimento proximal refere-se, assim, ao caminho que o indivíduo vai percorrer para desenvolver funções que estão em processo de amadurecimento e que se tornarão funções consolidadas, estabelecidas no seu nível de desenvolvimento real ... é pois um domínio psicológico em constante transformação ...” (Oliveira, 2002, p. 60).

Inerente à zona de desenvolvimento proximal, existem os conceitos de:

- a) **Nível de desenvolvimento real** – quando o indivíduo tem a capacidade de desenvolver tarefas de forma independente;
- b) **Nível de desenvolvimento potencial** – quando o indivíduo necessita da ajuda de um outro indivíduo mais capaz para realizar uma tarefa. Entende-se por ajuda as atividades de instrução, demonstração e assistência durante o processo. Esta fase é muito importante, pois, não é sempre e nem qualquer indivíduo que, a partir da ajuda de outro, pode realizar uma tarefa. Numa etapa anterior, o indivíduo, mesmo com a colaboração de outro, ainda não tem maturidade suficiente para compreender e realizar a tarefa desejada.

Um aspecto interessante nos trabalhos de Piaget e Vygotsky é que ambos buscaram a compreensão da gênese dos processos que estão em estudo, ambos enfatizaram a importância da relação entre indivíduo e ambiente e, conforme ressalta Oliveira (2002, p. 104), para ambos o indivíduo “nem está sujeito apenas a mecanismos de maturação, nem submetido passivamente a imposições do ambiente”.

3.2.1 A Relação entre Autonomia e Cooperação segundo Piaget

Não se pode falar em autonomia sem relacioná-la com a capacidade de estabelecer relações cooperativas. Para Moraes (1997, p.224), o aprendizado autônomo:

“pressupõe flexibilidade, plasticidade, facilidade para mudar valores, para promover diálogos e potencializar habilidades de comunicação no que se refere à cooperação, à coordenação e à decisão decorrentes das vivências de trabalho em grupo na procura de soluções conjuntas para os problemas; esse aprendizado reconhece a importância das experiências individuais e coletivas, além de reconhecer a participação de cada membro do grupo na construção do saber, que já não é individual e, sim, coletivo”.

A aprendizagem autônoma não deve, portanto, ser confundida com acentuação do individualismo, mas sim, com a habilidade de pensar por si próprio em situações que requerem compartilhamento/troca de informações, cooperação, diálogo, ressaltando o saber de cada membro de um grupo em busca do saber coletivo. As situações que envolvem resolução de problemas são ambientes que podem propiciar o desenvolvimento de tais habilidades.

O sujeito autônomo (Moraes, 1997) é aquele que possui uma atitude crítica de investigação, sendo capaz de buscar, analisar/filtrar e organizar as informações que lhe são mais úteis.

A criticidade (Moraes, 1997) é um aspecto importante no desenvolvimento da autonomia, no sentido de o indivíduo saber analisar a informação frente a vários aspectos, não apenas sobre o domínio do conhecimento, mas aliado a valores morais, éticos e afetivos.

O significado de cooperação para Piaget (Costa, 1995) é representado pelas trocas sociais entre indivíduos com um objetivo em comum. Salientando que trocas cooperativas não são necessariamente apenas trocas interpessoais. Para que

ocorram trocas cooperativas são essenciais algumas condições: presença e conservação da escala comum de valores, e presença de reciprocidade.

A presença da escala comum de valores é percebida quando os indivíduos possuem valores em comum, ou seja, os conceitos usados têm significados comuns aos indivíduos envolvidos na relação social.

Na presença de reciprocidade deve ser observada uma compensação dos esforços investidos pelos indivíduos envolvidos na troca, de tal modo que, nenhum deles se sinta “prejudicado” em relação ao outro frente a sua dedicação para a conclusão das tarefas desempenhadas em conjunto.

Para que estas condições efetivamente ocorram, é necessário que haja respeito mútuo e livre expressão na relação. O respeito mútuo está relacionado ao respeito a si próprio e ao outro. Neste sentido, a auto-estima do sujeito deve estar equilibrada, tanto para evitar que ele se considere “mais capaz” do que o outro, ou que ele se considere “incapaz” frente ao outro. Este tipo de situação é denominado de respeito unilateral, onde pode-se observar o autoritarismo por um lado e a submissão de outro.

3.2.2 O Significado de Mediação para Vygotsky

Segundo Oliveira (2002, p.26) Vygotsky analisa a mediação como um “... processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação; a relação deixa, então, de ser **direta** e passa a ser **mediada** por esse elemento”.

A introdução de elementos mediadores nas relações organismo-meio as tornam mais complexas. Isto ocorre com maior frequência durante o desenvolvimento do indivíduo. A função da mediação social pode ser de dois tipos, mediação por ferramenta – na relação entre o indivíduo e o seu meio e mediação por sinais – na atividade física intraindivíduo (Oliveira, 1997).

Silva (2000, p.48) enfatiza a afirmação de Oliveira (1997) afirmando que

“A atividade humana deve ser socialmente mediatizada considerando a atividade exterior que envolve as relações do

homem com a natureza, ou de uma atividade interior que trata da atividade física. Essas atividades são socialmente mediatizadas ou instrumentadas e transformadas por ferramentas socialmente elaboradas.”

Uma relação direta pode ser representada por uma relação estímulo-resposta. Já a relação mediada, cria um elo intermediário, sendo representada por uma tríade (Figura 3.1.).

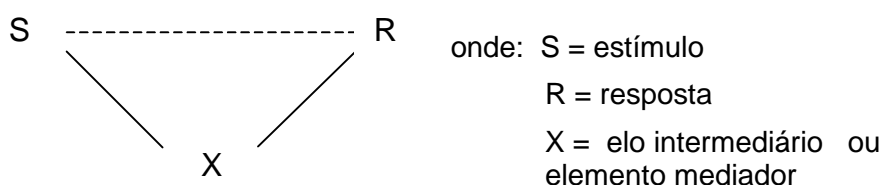


Figura 3.1. Relação Mediada (Oliveira, 2002, p. 27)

O elemento mediador pode ser tanto uma lembrança de experiência anterior, como também a intervenção de uma outra pessoa. No primeiro caso, pode-se fazer uma relação com o que Piaget denomina de assimilação. No segundo caso, se houve a necessidade de uma ação intermediada de outro sujeito, significa dizer que o esquema de assimilação deva sofrer uma acomodação.

Na assimilação, o organismo se impõe ao meio, sendo que na acomodação, a mente se reestrutura para adaptar-se ao meio. Ou seja, uma reestruturação da estrutura cognitiva (esquemas de assimilação existentes) do indivíduo que resulta em novos esquemas de assimilação. A mente, sendo uma estrutura cognitiva, tende a funcionar em um processo de equilíbrio majorante, aumentando permanentemente seu grau de organização interna e de adaptação ao meio (Moreira, 1985).

3.2.3 O Papel do Professor

O professor que adota a linha construtivista deve provocar uma perturbação entre os aprendizes, para que eles, procurando o reequilíbrio, se reestruturam cognitivamente e desta forma aprendam. Pode-se dizer que o aprendizado ocorre quando a capacidade de reestruturação do aprendiz consegue criar um novo equilíbrio. Desta forma, o educador deve criar o ambiente favorável para que isto aconteça, buscando instigar o desequilíbrio através de situações compatíveis com o nível de desenvolvimento de seus aprendizes, evitando assim, desequilíbrios que não conduzam à equilibração majorante.

“É através do processo de equilibração majorante que o comportamento humano é, totalmente “construído em interação com o meio físico e sócio-cultural”; o comportamento humano (motor, verbal e mental) não tem, portanto, segundo Piaget, padrões prévios hereditários”. (Moreira, 1985, p.55)

Além da primordial função de gerar o desequilíbrio, o educador deve se preocupar também em:

- a) Deixar claro os objetivos relacionados à aprendizagem;
- b) Acompanhar de perto o desenvolvimento de todas as atividades;
- c) Instigar o aprendiz sobre o trabalho desenvolvido, quando identifica erros e também para verificar se realmente houve a compreensão;
- d) Fazer uma análise do grupo sobre o cumprimento dos objetivos.

Vygotsky também trabalhou com o conceito de intervenção. Mesmo em suas pesquisas, ele atuava não como mero observador, mas intervindo de forma a desafiar o sujeito de pesquisa, de questionar sua resposta. O objetivo deste comportamento era observar como a interferência de outra pessoa afeta o seu desempenho, ou seja, a importância do meio cultural e também das relações entre os indivíduos na formação de um percurso de desenvolvimento do indivíduo.

Da mesma forma, aplicado ao papel do professor, os estudos de Vygotsky sugerem

“uma recolocação da questão de quais são as modalidades de interação que podem ser consideradas legítimas promotoras de aprendizado na escola ... Qualquer modalidade de interação social, quando integrada num contexto realmente voltado para a promoção do aprendizado e do desenvolvimento, poderia ser utilizada, portanto, de forma produtiva na situação escolar” (Oliveira, 2002, p.64).

Ao idealizar diretrizes para a elaboração de processos mediados de aprendizagem (capítulo 4), esta proposta tenta criar meios de responder a esta questão. Neste caso, pode-se dizer que o mediador tem o mesmo papel que o do pesquisador para Vygotsky, e, neste sentido, pode-se notar uma estreita relação nas propostas de Piaget e Vygotsky quanto ao papel da intervenção no aprendizado.

Molina & Azevedo (2002) enfatizam que na perspectiva sócio-construtivista o professor

“... é o agente mediador do processo de aprendizagem, propondo situações problemáticas aos alunos e ajudando-os a resolvê-las, facilitando a negociação de significados em comum. Não apenas o professor ajuda todos os alunos em determinadas situações, como também os alunos mais adiantados em um determinado assunto ajudam os mais atrasados. Para que este processo se consolide, o diálogo deve permear constantemente o trabalho de aprendizagem.”

3.2.4 A Analogia entre o Papel do Professor e o Funcionamento do Mediador

Nesta tese, o conceito de mediador foi construído a partir do conceito de relação mediada descrita por Vygotsky e está baseado na analogia do comportamento de

um professor em sala de aula que segue a abordagem sócio-construtivista. Convencionou-se o uso do termo mediador para representar um mediador computadorizado construído a partir das diretrizes definidas no quarto capítulo.

Preferiu-se utilizar o termo mediador ao invés do termo tutor – componente de um STI que simula um professor, pois se considera que a figura do tutor está intimamente relacionada com um modo conservador de educar. Com a figura daquele que guia, que direciona, que tem o controle da situação. Isto pode ser constatado através de uma análise do comportamento do tutor ao longo da história do desenvolvimento dos STI.

Struchiner *et al.* (1998, p.9-10) também retratam esta preocupação sobre o uso do termo tutor

“Analisando o significado da palavra, tutor é aquele que tutela. É aquele que protege, difunde, ampara, confere proteção, dependência e sujeição. É importante ressaltar que essas características não fazem parte do perfil de um profissional de um ambiente de aprendizagem que busca a potencialização do ato educativo dentro de uma ação participativa, criativa, relacional e principalmente reflexiva. Neste contexto, é necessário pensar no perfil deste profissional que possa superar essas características próprias de modelos autoritários.”

3.3 A Aprendizagem através da Resolução de Problemas

Ao se falar em resolução de problemas, se faz necessário em primeiro plano compreender o que é um problema. Num segundo momento, esclarecer várias outras questões: como elaborar um problema? Como inserir a prática da resolução de problemas no cotidiano da sala de aula? Qual o papel do professor frente a esta prática? Uma discussão sobre estas questões é apresentada nas seções a seguir.

3.3.1 Compreendendo o que é um Problema

Um grande conflito na hora de definir um problema, é ter claro o que de fato é um problema e saber diferenciá-lo de um exercício. Para Pozo (1998), um problema se diferencia de um exercício na medida em que num problema, não se dispõe de procedimentos e mecanismos que levem à solução de forma quase que imediata, sem exigir reflexão ou tomada de decisões sobre a seqüência de passos a ser seguida. Entretanto, não se pode deixar de considerar que a repetição de um problema tende a torná-lo um exercício.

Pozo (1998, p. 159) afirma ainda que

“O fato de uma tarefa chegar a ser um problema dependerá não somente dos conhecimentos prévios do aluno, tanto conceituais como procedimentais, mas também da sua atitude diante da tarefa. ... Depende também, em grande parte, de como ela foi apresentada e como o professor conduz a aula. ..., dependendo de como percebam a sua *funcionalidade* dentro da aprendizagem, a partir da forma como o professor a apresenta, orienta a sua solução e avalia”.

Geralmente, para se resolver um problema, é necessário prestar atenção, recordar, relacionar certos elementos/conceitos. Neste sentido, todo problema para ser solucionado, exige:

- a) Compreensão da tarefa a ser realizada – envolve discernir os elementos já conhecidos e os elementos novos existentes.
- b) Definição e execução de um plano para atingir uma meta – faz com que novos problemas sejam apresentados, e estes devem ser considerados na elaboração de novos planos.
- c) Análise/avaliação do alcance da meta – deve ocorrer não somente após todo o problema ter sido resolvido, mas ao longo do processo de resolução. Isto é importante para que o aluno torne-se consciente das estratégias e regras utilizadas, e, deste modo, possa aumentar sua capacidade heurística.

- d) Disposição para solucioná-lo – atitude do estudante de ver o contexto como um problema e se interessar por ele, no sentido de querer resolvê-lo.

Polya (1995) em seu livro “A arte de resolver problemas”, elaborou uma lista de indagações e sugestões para auxiliar professores na tarefa de ajudar os seus alunos a resolverem problemas e, por conseguinte, ajudar os alunos a desenvolverem a capacidade de resolver problemas futuros por si próprios.

A lista está dividida em quatro fases, a saber: compreensão do problema, estabelecimento de um plano, execução de um plano e retrospecto. O Quadro 3.1 apresenta uma síntese da lista criada por Polya. As indagações propostas são genéricas e aplicáveis a muitos casos. A partir desta lista, o autor apresenta vários exemplos de problemas na área de matemática, retratando os questionamentos do professor com o uso dela.

O professor deve se atentar para o método de questionamento utilizado, visto que a partir das questões genéricas, se necessário pode-se num processo gradual, torná-las mais específicas. O importante é ter sempre em mente que o intuito é ajudar a desenvolver a capacidade do estudante em resolver problemas de todos os tipos e, de forma cada vez mais independente do auxílio do professor.

Quadro 3.1. Lista “Como Resolver um Problema” (adaptado de Polya,1995)

Como resolver um problema	
Compreensão do problema	Qual é a incógnita? Quais são os dados? Qual é a condicionante? É possível satisfazer a condicionante? A condicionante é suficiente para determinar a incógnita? Ou é insuficiente? Ou redundante? Ou contraditória?
Estabelecimento de um plano	Já o viu antes? Ou já viu o mesmo problema apresentado sob uma forma ligeiramente diferente? Conhece um problema correlato que lhe poderia ser útil? É possível reformular o problema? Se não puder resolver o problema proposto, procure antes resolver algum problema correlato.
Execução do plano	Ao executar o seu plano de resolução, verifique cada passo. É possível verificar claramente que o passo está correto? É possível demonstrar que ele está correto?
Retrospecto	É possível verificar o resultado? É possível verificar o argumento? É possível chegar ao resultado por um caminho diferente? É possível perceber isto num relance? É possível utilizar o resultado, ou o método, em algum outro problema?

3.3.2 Tipos de Problemas

Os problemas podem ser classificados de várias formas (Pozo, 1998): em relação à área ao qual são aplicados, em relação ao tipo de operações (raciocínio) e processos necessários para resolvê-los, entre outras. Neste sentido, podem ser considerados dedutivos ou indutivos; bem definidos, mal definidos ou totalmente bem definidos; qualitativos ou quantitativos; e ainda como pequenas pesquisas.

Os problemas do tipo dedutivo e indutivo estão diretamente relacionados com o tipo de raciocínio utilizado para resolver um problema. Por exemplo, fazer a demonstração de uma fórmula matemática poderia ser um exemplo de problema dedutivo, enquanto que estabelecer regularidades no comportamento dos objetos em função do seu peso seria um problema do tipo indutivo.

Os problemas considerados definidos ou mal definidos, estão relacionados às características da tarefa a ser realizada. Nos problemas bem definidos ou bem estruturados é fácil identificar se a solução foi alcançada, pois geralmente estão discernidos o ponto de partida, as operações a serem realizadas e o ponto de chegada. Os problemas de matemática são um exemplo clássico deste tipo. Ao contrário, em um problema mal definido ou mal estruturado não estão evidentes o ponto de partida e tampouco os passos necessários para resolver o problema, e, além disto, neste tipo de problema, geralmente existem diversas soluções que também podem possuir diferentes caminhos a serem percorridos. Já, os problemas totalmente bem definidos, são considerados como exercícios.

Para resolver problemas do tipo quantitativos, os alunos fazem uso de dados numéricos (cálculos, comparação de dados, utilização de fórmulas) para se chegar a uma solução, seja ela numérica ou não. Já nos problemas do tipo qualitativos, os alunos fazem uso do raciocínio teórico, geralmente necessitam explicar ou prever um acontecimento, analisar situações e tirar conclusões.

Um problema também pode ser considerado como uma pequena pesquisa quando se refere a um trabalho prático, por exemplo, realizado em laboratório, na qual o aluno busca obter resposta para um dado problema.

3.3.3 O Papel do Professor na Elaboração, Acompanhamento e Avaliação de Problemas

Assim como Polya (1995) se preocupou com o papel do professor perante a atividade de resolução de problema, Pozo (1998) elaborou um quadro com doze critérios que auxiliam a criação, o processo de resolução e a avaliação de

problemas. Deste modo, o autor acredita auxiliar professores no sentido de elaborarem problemas que não serão vistos pelos alunos como meros exercícios.

Quadro 3.2. Alguns critérios que permitem transformar as tarefas escolares em problemas, em vez de simples exercícios Pozo (1998, p.161)

Na proposição do problema
<ol style="list-style-type: none"> 1. Propor tarefas abertas que admitam vários caminhos possíveis de resolução e, inclusive, várias soluções possíveis, evitando as tarefas fechadas. 2. Modificar o formato ou a definição dos problemas, evitando que o aluno identifique uma forma de apresentação com um tipo de problema. 3. Diversificar os contextos nos quais se propõe a aplicação de uma mesma estratégia, fazendo com que o aluno trabalhe os mesmos tipos de problemas em diferentes momentos do currículo, diante de conteúdos conceituais diferentes. 4. Propor as tarefas não só com um formato acadêmico mas também dentro de cenários cotidianos e significativos para o aluno, procurando fazer com que este estabeleça conexões entre ambos os tipos de situações. 5. Adequar a definição do problema, as perguntas e a informação proporcionada aos objetivos da tarefa, usando, em diferentes momentos, formatos mais ou menos abertos, em função desses mesmos objetivos. 6. Usar os problemas com fins diversos durante o desenvolvimento ou sequência didática de um tema, evitando que as tarefas práticas apareçam como ilustração, demonstração ou exemplificação de alguns conteúdos previamente apresentados ao aluno.
Durante a solução do problema
<ol style="list-style-type: none"> 7. Habituar o aluno a adotar as suas próprias decisões sobre o processo de resolução, assim como a refletir sobre esse processo, dando-lhe uma autonomia crescente nesse processo de tomada de decisões. 8. Fomentar a cooperação entre os alunos na realização das tarefas, mas também incentivar a discussão e os pontos de vista diversos, que obriguem a explorar o espaço do problema para comparar as soluções ou caminhos de resolução alternativos. 9. Proporcionar aos alunos a informação que precisarem durante o processo de resolução, realizando um trabalho de apoio, dirigido mais a fazer perguntas ou a fomentar nos alunos o hábito de perguntar-se do que a dar resposta às perguntas dos alunos.

Na avaliação do problema

10. Avaliar mais os processos de resolução seguidos pelo aluno do que a correção final da resposta obtida. Ou seja, avaliar mais do que corrigir.
11. Valorizar especialmente se esse processo de resolução envolve um planejamento prévio, uma reflexão durante a realização da tarefa e uma auto-avaliação pelo aluno do processo seguido.
12. Valorizar a reflexão e a profundidade das soluções alcançadas pelos alunos e não a rapidez com que são obtidas.

Os doze critérios propostos são úteis no sentido em que vislumbram as três fases desta metodologia (Pozo, 1998), ou seja, os cuidados com a elaboração de um problema, em que se deve preocupar não só em não criar meros exercícios, mas também na formulação do texto, para não criar situações dúbias, que pode levar o aluno a se sentir desmotivado ou um tanto confuso.

As considerações elaboradas pelo autor (Pozo, 1998), durante as fases de resolução e avaliação do problema, acrescidas da lista “Como resolver um problema” proposta por Polya (1995), contribuíram para a elaboração das estratégias de intervenção (seção 4.3) utilizadas pelo mediador.

É válido ressaltar que antes de propor uma atividade de aprendizagem seja ela em sala de aula com instrumentos convencionais, ou com o uso da tecnologia, é necessária a compreensão do funcionamento da(s) técnica(s) empregada(s) nesta atividade. Neste sentido, é necessário investigar as características inerentes à técnica, o momento ideal e forma correta de empregá-la, além, é claro, de possuir um objetivo concreto que justifique o seu uso.

3.4 Considerações Finais

A atividade de resolução de problemas pode ser vista como uma metodologia de ensino, a qual visa inserir o aluno dentro de um contexto que necessite que ele resgate todos os conceitos adquiridos e as relações existentes entre eles, para que através de seu raciocínio e da elaboração de estratégias de curto e longo prazo, consiga vislumbrar uma solução adequada para o problema proposto. Conforme o aluno adquire um conhecimento mais especialista, ele tende a encontrar soluções melhores.

Pode-se notar durante as pesquisas feitas para a elaboração deste capítulo, a influência dos pressupostos de Piaget e Vygotsky na abordagem tanto de Polya (1995) quanto de Pozo (1998). Desta forma, a proposta do mediador sócio-construtivista foi criada a partir da relação dos conceitos destes quatro pesquisadores. O quarto capítulo descreve em detalhes esta proposta.

4 DIRETRIZES PARA A CRIAÇÃO DE UM MEDIADOR SÓCIO-CONSTRUTIVISTA

No início deste trabalho foram identificadas duas grandes preocupações na modelagem do mediador. A primeira era saber como interferir no desenvolvimento do aluno, sem diretamente guiá-lo. A segunda preocupação estava diretamente relacionada (nos STIs tradicionais) ao modelo do domínio, no que concerne à avaliação dos alunos nos diferentes estágios de desenvolvimento cognitivo para então saber como proceder com cada um. Ou seja, o grande diferencial de um STI Construtivista estaria direcionado ao como e quando proceder.

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, uma outra questão se tornou relativamente complexa. Isto ocorreu quando se decidiu por desenvolver uma proposta de uso de mediadores independentemente do domínio da aplicação. Esta declaração se justifica quando verificado na literatura que abrange os STIs e CSCLs que grande parte dela ou está vinculada a um domínio específico, ou a algum tipo de tarefa específica.

A construção do conceito de mediador está baseada na analogia do comportamento de um professor em sala de aula que segue a abordagem sócio-construtivista. Convencionou-se o uso do termo mediador para representar um mediador computadorizado construído a partir das diretrizes definidas neste capítulo.

Reportando então à proposta em si, este capítulo representa o foco de estudo desta tese, constituindo-se em diretrizes para a criação de um mediador sócio-construtivista. A organização deste capítulo está assim configurada: na primeira seção é definido o papel do mediador, suas funcionalidades e sua relação com o papel do professor. Nas seções segunda e terceira, é descrito o modelo do mediador, sua constituição e modo de funcionamento através de suas estratégias de mediação. A quarta seção apresenta o formalismo utilizado para descrever o mediador sócio-construtivista através de um sistema de planejamento. E, por último, a quinta seção faz algumas considerações às diretrizes formuladas.

4.1 O Papel do Mediador

De forma sucinta, pode-se definir o mediador como: um agente que possui um comportamento dirigido por planos e diferente de um tutor tradicional (descrito na seção 2.2.1) em dois aspectos principais, (1) não classifica o conhecimento do aluno através de estereótipos pré-definidos, (2) seu comportamento é baseado nas informações sobre as ações dos aprendizes que são construídas de forma dinâmica durante o curso de interação. O mediador deve ser capaz de executar as seguintes tarefas:

- a) **Identificar o que está acontecendo** - detectar um estado observável.
- b) **Executar uma estratégia de mediação** - depois de entender em que estado a situação se encontra, o mediador deve decidir se faz ou não algo sobre isto. Decidido por sim, ele deve executar um plano de acordo com a situação.
- c) **Avaliar o *feedback*** - verificar se o plano executado teve êxito, ou seja, se atingiu o seu objetivo.
- d) **Aprender a partir do *feedback*** - analisar qual plano é mais apropriado para cada situação a partir da avaliação do *feedback*. Para tanto, o agente deve ser capaz de re-planejar dinamicamente suas estratégias.

Tedesco (2001) declara que o ideal seria que o mediador fosse capaz de aprender a partir da avaliação do *feedback* sobre a estratégia utilizada para tornar o processo de mediação mais efetivo. Neste caso, o mediador deveria ser capaz de, ao detectar um estado observável, relacionar as estratégias a serem aplicadas a este estado, mas antes disso, ele deveria verificar no histórico do curso de interação se já ocorreu este estado anteriormente, qual a estratégia aplicada e se ela obteve êxito ou não. Caso a estratégia utilizada tenha obtido êxito, ele pode repeti-la, mas se ela não obteve êxito, ele deveria usar uma outra estratégia dentre as opções disponíveis. Após aplicá-la, deveria analisar o resultado e então registrar o ocorrido. Isto ainda não está sendo tratado nesta proposta.

O papel do mediador é estimular e verificar a ocorrência de uma situação de aprendizagem. Uma situação de aprendizagem representa uma situação em que se percebe uma mudança cognitiva no aluno. Para que o mediador possa analisar se

realmente estão ocorrendo situações de aprendizagem, ele precisa analisar o estado corrente frente ao estado anterior. Isto é, a operacionalização do mediador funciona a partir da análise do comportamento dos alunos perante as ações que estes executam, de acordo com a reação que estes têm mediante a intervenção do mediador e frente ao comportamento que eles tiveram em situações anteriores.

Como uma proposta de modelo de mediador sócio-construtivista, o mediador não está vinculado a nenhum domínio em particular, mas sim, como já dito, aos pressupostos da linha sócio-construtivista. O papel do mediador é então analisar o curso de interação entre os aprendizes e o que pode ser inferido dele (por exemplo, o histórico dos diálogos, os modelos do estudante e do grupo) para induzir os aprendizes a pensar sobre o processo de solução e principalmente pensar sobre suas ações neste processo. Para isto, o mediador intervém na interação dos aprendizes conforme suas Estratégias de Mediação, descritas na seção 4.3.

Fazendo uma analogia com a sala de aula, em que, ao iniciar uma aula, o professor expõe os objetivos, é responsabilidade do mediador fazer uma apresentação do problema, as finalidades das atividades a serem desenvolvidas, ressaltando os objetivos a serem alcançados.

Continuando a correlação com a sala de aula, seria ideal que o mediador pudesse interpretar e responder a quaisquer questionamentos dos estudantes. Por ora, o mediador age apenas em momentos pré-definidos conforme estabelecido pelas Estratégias de Mediação.

4.2 Modelo do Mediador

O Modelo do Mediador, diferentemente do Módulo Tutor da maioria dos STIs, não faz a seleção e seqüenciamento do assunto a ser apresentado. No modelo proposto de aprendizagem por resolução de problemas, o problema é apresentado de uma única forma. Neste caso, assume-se que os estudantes já possuem conhecimento do domínio da aplicação, pois o modelo proposto tem o objetivo de auxiliar os estudantes a resolverem problemas sob um domínio que lhes é familiar. Espera-se que este modelo possa colaborar com os estudantes no sentido de perceberem e

corrigirem conceitos errados que possuam sobre o domínio durante a atividade de resolução de problema.

O Modelo do Mediador é composto de um agente de planejamento denominado de **agente mediador** (Figura 5.3). Ele é responsável por monitorar a participação individual e coletiva do grupo e assim ativar as estratégias de mediação correspondentes. Estas ocorrem basicamente de duas formas (1) quando o mediador age por conta própria e (2) quando um participante solicita a ajuda do mediador.

As estratégias da primeira forma estão baseadas nas observações das ações dos aprendizes, quanto à:

- a) Comunicação – verifica se a comunicação ocorre entre todos, ou seja, se há um diálogo entre todos os membros do grupo, buscando a participação de todos;
- b) Participação na Resolução do Problema – verifica se os membros do grupo chegaram a um consenso para tomarem uma decisão quanto às operações a serem realizadas para resolução do problema, de forma que, evitando assim a ação individual, onde um membro do grupo consiga por si só resolver o problema sem um acordo estabelecido entre todos;
- c) Verificação e Análise de Ações Erradas – verifica quando o grupo está direcionando a resolução do problema de forma errônea, de tal modo, que não conseguirão chegar a uma solução viável, buscando, desta forma, dar apoio relativo a este processo.

Assim como é a proposta do tutor do trabalho de Girafa (1999), o agente mediador age a partir das informações sobre as ações do aluno que são construídas de forma dinâmica durante o seu curso de interação, das observações que faz do ambiente e do conhecimento que possui do domínio.

4.3 Estratégias de Mediação

As estratégias de mediação são propostas não com o intuito de avaliar o grau e a qualidade da participação de cada aprendiz, mas sim, com a finalidade de realizar intervenções caracterizadas como mediações pedagógicas, sempre que (1) a participação não ocorrer de forma bilateral, ou seja, quando houver uma discrepância no grau de participação entre os participantes; e (2) no desenvolver das atividades pertinentes à resolução do problema quando identifica situações de erro, de conflito e de tomada de decisão.

Estas estratégias estão baseadas na relação dos conceitos de Piaget e Vygotsky sobre a importância da interação e da intervenção no desenvolvimento da aprendizagem discutidos nas seções anteriores. Estas estratégias buscam atender também as sugestões de Polya (1995) e Pozo (1998) sobre como o professor pode auxiliar seus alunos a resolverem problemas e, por conseguinte, ajudá-los a desenvolverem a capacidade de resolver problemas futuros por eles próprios.

As estratégias de mediação ocorrem basicamente de duas formas (1) quando o mediador age por conta própria e (2) quando um participante solicita a ajuda do mediador.

As estratégias da primeira forma estão baseadas nas ações dos aprendizes, quanto à comunicação, participação na resolução de problemas, verificação de ações erradas e análise da solução encontrada.

4.3.1 Comunicação

A comunicação pode ser realizada através de uma ferramenta de comunicação a exemplo de uma ferramenta de *chat*. A estratégia neste caso é verificar a participação dos estudantes nesta comunicação, identificando, a partir da lista de usuários logados, os estudantes que contribuem pouco ou que permanecem silenciosos na discussão, não interagindo com os companheiros. Há dois tipos de intervenção que o mediador pode fazer, (1) enviar mensagem para quem não está participando da discussão e (2) enviar mensagem para os que estão participando da discussão, solicitando que estes convidem quem está de fora.

As intervenções são do tipo questionamentos e convites à participação com uma frase dirigida, que ocorrem sem a solicitação do usuário através da própria ferramenta de comunicação. É óbvio que esta estratégia não visa “forçar” o diálogo, mas apenas provocar a sua ocorrência, pois caso contrário, não estariam sendo respeitados os diferentes perfis de cada indivíduo. Por outro lado, poderia ser observada uma abordagem extremista do construtivismo, caso o mediador agisse somente quando solicitado pelo aluno.

A implementação desta tarefa pode, a princípio, ser realizada de dois modos: em função do tempo decorrido desde o início da sessão ou em função do número de mensagens já trocadas entre os participantes que estão dialogando.

Para considerar o tipo de conversa entre os usuários, seria necessária uma análise automática das mensagens trocadas. Para facilitar esta tarefa pode-se utilizar os recursos de *sentence openers* (Johnson & Johnson, 1991) e de *dialogue games* (Levin & Moore, 1977) descritos na seção 2.3.2.1. Uma técnica mais avançada seria construir um mediador capaz de gerenciar um diálogo tutoriado (Freedman, 2001; Zinn *et al.* 2002). Conseguindo realizar esta análise o mediador poderia fornecer um *feedback* direcionado ao assunto que está sendo tratado.

4.3.2 Participação na Resolução do Problema

Em um ambiente de resolução de problemas em grupo, os membros devem elaborar um plano de solução em conjunto e então colocarem este plano em prática com o intuito de alcançarem a melhor solução possível. Durante todo o processo, o grupo deve tomar várias decisões sobre as atividades a serem realizadas para a execução do plano. Este processo de tomada de decisão, dentro de um ambiente colaborativo, pode ser realizado de diversas maneiras, conforme relatado por Johnson & Johnson (1997) e Hartley (1997). Toda esta questão foi discutida na seção 2.3.2.3 deste trabalho.

Neste momento, é pertinente refletir sobre como o mediador pode auxiliar os membros do grupo na tarefa de tomada de decisão. De todas as estratégias apresentadas, acredita-se que a implementação de uma autoridade central não está

de acordo com a idéia de ambiente colaborativo que é sustentado neste trabalho. Portanto, o uso de mediador nesta situação é descartado.

Tem-se então três outras opções para executar a tomada de decisão: pela média das opiniões, pelo voto e pelo consenso. Esta tese está particularmente interessada em uma proposta onde durante todo o processo os membros discutem sobre as idéias que cada um tem, expondo e argumentando sobre seu ponto de vista, e também ouvindo a opinião dos demais companheiros. Neste caso, a tomada de decisão consensual é a mais apropriada, pois, desta forma, todos no grupo estão de acordo com a decisão a ser tomada.

De um modo geral, a principal função do mediador em quaisquer destas três estratégias deve ser conferir se todos os usuários logados no sistema emitiram sua opinião. Identificando um usuário que não tenha participado, o mediador solicita que ele coopere com o grupo dando sua sugestão para a decisão a ser tomada. Por exemplo, enviar uma frase dirigida a tal usuário do tipo “Você não vai opinar sobre o que deve ser feito?”

Quanto à tomada de decisão por consenso, esta requer uma funcionalidade adicional ao mediador que, neste caso, precisa também verificar se de fato houve o consenso após todos os membros do grupo terem emitido suas opiniões. Caso isto não ocorra o mediador tem que enviar uma nova mensagem sugerindo que eles amadureçam a discussão até conseguirem um acordo sobre o plano de ação.

Duas idéias ainda são pertinentes sobre a questão da tomada de decisão. A primeira é implementar um ambiente que propicie o uso de mais de um método. Estes métodos poderiam estar vinculados ao grau de importância da decisão a ser tomada. Por exemplo, para decidir sobre uma tarefa complexa, poderia ser utilizado o método por consenso, pois demanda mais discussão e argumentos de convencimento bem formulados. Quando a tarefa fosse identificada como simples, ou pouco relevante para o problema, poderia ser adotado um método mais ágil, como por exemplo, o voto ou a média das opiniões. Neste caso o mediador teria duas funções primordiais, primeiro categorizar as decisões a serem tomadas e depois então sugerir o método a ser adotado.

A segunda idéia, é ter sempre como primeira opção a tomada de decisão consensual, independente da complexidade da decisão a ser tomada. Caso identifique-se uma situação conflitante muito demorada, ou seja, que demande tempo excessivo (para isto seria necessário quantificar o que significa tempo excessivo), o mediador poderia sugerir um segundo método para agilizar o consenso. O método de voto parece ser um exemplo viável para tratar esta situação.

Para implementar esta segunda opção é necessário criar uma estratégia para que o mediador seja capaz de diagnosticar e lidar com o surgimento de situações de conflito.

4.3.3 Verificação de Ações Erradas

O mediador deve acompanhar a resolução do problema, verificando o uso adequado dos artefatos disponíveis e a combinação destes na resolução do problema. Assim que ele verificar que o grupo está direcionando a resolução do problema de forma errada, de tal modo que não conseguirão chegar a uma solução viável, o mediador deve interferir visando fornecer apoio relativo a este processo.

A estratégia neste caso é incitar os participantes a refletirem sobre as decisões tomadas até o momento com o intuito de que eles iniciem uma nova discussão sobre outros tipos de solução. Nesta situação, a intervenção do mediador ocorre durante a resolução do problema, antes mesmo de ele ser totalmente resolvido.

O mediador então envia uma mensagem ao grupo, conforme exemplos no Quadro 4.1, e espera por uma mudança no comportamento dos alunos. Ou seja, simplesmente aguarda para verificar se eles apenas com esta intervenção, são capazes de perceberem o erro que estão cometendo.

A princípio pode-se imaginar três situações: (1) os alunos iniciam uma nova discussão através da ferramenta de *chat* e após alguns minutos iniciam um novo experimento; (2) os alunos não atendem ao conselho do mediador e dão prosseguimento a esta forma de resolução; (3) os alunos imediatamente (sem discussão) desfazem a última ação e executam uma outra que por sua vez pode estar correta ou errada.

Frente ao comportamento dos alunos pode-se inferir que na situação (1) os alunos, após um período de reflexão e discussão, perceberam que estavam tendo uma atitude errada e então resolveram fazer uma nova análise da solução. O mediador conseguiu então cumprir o seu plano, a estratégia utilizada foi suficiente para conseguir uma situação de aprendizagem. Na situação (2), pode-se inferir que os alunos não conseguiram visualizar o erro que cometeram, então continuam a realizar as etapas que haviam previsto em seu plano de ação. Neste caso, o mediador percebe que o objetivo do seu plano não foi atingido. Ele então poderia verificar se possui uma outra estratégia para esta situação. Se existir, ele a utiliza, senão ele simplesmente não faz nada. A situação (3), pode demonstrar que os alunos podem não estar muito confiantes no seu plano de ação, e estão na verdade tentando encontrar a solução por tentativa e erro. Para que isto seja comprovado, é necessário analisar as ações seguintes, ou seja, o próximo estado.

Para executar esta tarefa, o mediador deve ser capaz de fazer uma análise comparativa dinâmica entre o modelo do domínio com a solução que vem sendo desenvolvida pelo grupo. É provável que outras situações possam verificadas, mas elas possivelmente serão dependentes do domínio da aplicação.

4.3.4 Análise da Solução Encontrada

Quando os alunos terminam de executar seu plano de ação e alcançam uma solução, o mediador pode auxiliá-los a verificar a qualidade desta solução.

Para que se compreenda o papel destas duas últimas estratégias de mediação é importante, antes de qualquer coisa, ter compreensão do significado do erro no processo de aprendizagem e também ter bem definido o objetivo de ensino.

A forma como o professor, neste caso o mediador lida com uma situação de erro está diretamente ligada ao seu objetivo de ensino. Ou seja, se o objetivo é apenas obter uma situação de aprendizagem onde se verifica que os alunos são capazes de resolver o problema proposto, independente deles terem utilizado a melhor estratégia para resolver o problema, ou independente deles terem alcançado a solução mais eficaz. Neste sentido, o mediador não precisa instigar os alunos a

buscarem uma solução melhor, ou seja, a partir do momento em que os alunos resolveram o problema, o mediador não faz mais nada. Caso contrário, o mediador tentaria incitar os alunos a refletirem sobre a solução encontrada.

Quanto ao objetivo de ensino, pode-se questionar: “Resolver o problema é suficiente?” ou “O aluno tem que ser capaz de encontrar a melhor solução?”

Portanto, a implementação destas estratégias pode variar de acordo com o objetivo de ensino que se tem.

4.3.5 Exemplos de Mensagens para as Estratégias de Mediação do Primeiro Tipo

O Quadro 4.1. apresenta uma lista de exemplos de mensagens que pode ser utilizada como referência para as intervenções do mediador quando este age por conta própria, sem o pedido do usuário, apenas por fatos observáveis.

Quadro 4.1. Exemplos de mensagens do mediador conforme as situações observáveis

Situação	Conteúdo da Mensagem
Comunicação	
1ª Estratégia	“Procure trocar idéias com o seu parceiro.”
	“Qual a sua opinião sobre esse assunto?”
	“Seria tão bacana se você também participasse desta discussão!”
2ª Estratégia	“Por que você não pede a opinião de seu colega sobre este assunto?”
	“Convide seu colega para participar desta discussão também.”
Participação na Resolução do Problema	
1ª Estratégia	“Vocês já decidiram o que vão fazer?”
	“Vocês devem estabelecer os passos para resolver o problema.”
	“É importante que vocês cheguem a um consenso sobre os passos a serem executados para resolver o problema!”
2ª Estratégia	“Você não vai opinar sobre o que deve ser feito?”
	“Refleta e emita a sua posição sobre o que deve ser feito.”
	“Sua opinião é importante para o trabalho em equipe!”
3ª Estratégia	“Lembrem-se, vocês devem chegar a um consenso para então poderem executar o plano conjunto de ação.”
	“Para estabelecer um plano em conjunto, é importante que todos estejam dispostos a justificar e às vezes explicar ao outro o porquê de sua proposta para resolução do problema.”
Verificação e Análise das Ações Erradas	
“Por que vocês acreditam que esta é uma solução correta?”	
“É importante verificar constantemente cada passo enquanto se executa o plano de ação.”	
“Vocês querem uma dica? Façam sempre uma revisão do plano de ação!”	

4.3.6 Estratégias de Mediação do Segundo Tipo

O Mediador deve também estar disponível para ajudar o aprendiz a realizar as atividades necessárias para resolver o problema. Com este intuito e devido à limitação de desenvolver um mediador que seja capaz de fazer interpretação de linguagem natural, uma idéia interessante seria elaborar uma pequena lista de opções sobre os questionamentos que o(s) aprendiz(es) pode(m) fazer ao mediador. Esta relação de questionamentos bem como suas respostas foram elaboradas conforme propostas de Polya (1995) e de Pozo (1998) e estão apresentadas no Quadro 4.2. As questões são referentes ao:

- a) Funcionamento do Ambiente – quando o aprendiz não está familiarizado com o ambiente de aprendizagem, por exemplo, o funcionamento de alguma ferramenta. Neste caso, o mediador deve ser capaz de explicar sobre todo o funcionamento do ambiente e sobre a funcionalidade de cada ferramenta disponibilizada.
- b) Compreensão do Problema – quando o aprendiz acredita não ter compreendido adequadamente o problema que ele precisa resolver. O mediador deve então, explicar de forma textual o contexto do problema. E ao final encaminhar a ele os devidos questionamentos.
- c) Formulação de um Plano de Ação – quando o aprendiz necessita de auxílio para formular seu plano de ação.
- d) Execução de um Plano de Ação – nesta etapa o aprendiz já formulou um plano de ação, mas possui dificuldades para executá-lo.
- e) Verificação do Resultado – nesta opção, além dos questionamentos sugeridos por Polya (1995), o mediador poderia fornecer também um parecer sobre a solução encontrada pelo grupo.

Quadro 4.2. Exemplos de mensagens do mediador conforme o tipo de solicitação feita pelo usuário, adaptado de Polya (1995)

Situação	Conteúdo da Mensagem
Ajuda	
Se a dúvida for relativa à compreensão do problema.	“Tente encontrar a incógnita do problema. Quais são os dados? Qual é a condicionante?”
	“Busque responder às perguntas: é possível satisfazer a condicionante? A condicionante é suficiente para determinar a incógnita? Ou é insuficiente? Ou redundante? Ou contraditória?”
Se a dúvida for relacionada à formulação de um plano de ação.	“Para estabelecer um plano de ação, às vezes ajuda pensar se você não conhece um problema parecido com este.”
	“Tente pensar nas perguntas: Você já viu este problema antes? Ou já viu este problema apresentado sob uma forma ligeiramente diferente?”
	“Uma dica é, se você não está conseguindo resolver este problema, procure antes resolver algum problema correlato e fazer uma associação entre eles.”
Se a dúvida for inerente a como executar um plano de ação.	“Se você está com dificuldades em executar o seu plano de ação, busque antes de mais nada verificar atentamente cada passo.”
	“Busque responder aos seguintes questionamentos: é possível verificar claramente se o passo está correto? É possível demonstrar que ele está correto?”
Se a dúvida for relacionada a como verificar o resultado.	“Ao finalizar um problema é importante fazer um retrospecto de todo o plano de ação para checar se o resultado está correto.”
	“Você saberia responder às perguntas: é possível chegar ao resultado por um caminho diferente? É possível perceber isto num relance?”
	“Faça um retrospecto da resolução do problema e responda à seguinte pergunta: é possível utilizar o resultado, ou o método, em algum outro problema?”

Nota-se que no Quadro 4.2 não há nenhuma sugestão de mensagem quando o aprendiz precisa de atendimento sobre o funcionamento do ambiente, visto que esta questão é dependente do tipo de aplicação desenvolvido.

É importante ressaltar que não há uma condição para que os aprendizes sigam o conselho do mediador. Até mesmo em uma situação em que eles não fazem nada, ou seja, não atendem ao conselho, esta pausa, poderia ser considerada como benéfica ao processo de reflexão. Acredita-se que, o simples fato do aprendiz parar para ouvir o mediador, pode muitas vezes fazer com que ele reflita sobre o que lhe foi sugerido. Neste momento ele então faz uma análise de seu estado mental frente ao conselho que lhe foi dado. Então se decide por aceitar ou não esta sugestão.

Isto por si só justifica as diversas situações em que o mediador tem um plano em que após ser executado, nota-se que não há mudança no estado observável que ativou tal plano. Um caso típico pode ser exemplificado pela situação do Quadro 4.4, onde o objetivo era apenas sugerir (e não obrigar) a participação de todos os usuários na troca de mensagens.

4.4 Formalismo Utilizado para Descrever o Mediador

A implementação de tutores através da utilização de agentes inteligentes já é uma realidade na esfera dos STIs. Em Girafa (1999) o tutor é definido como um agente que possui um conjunto de crenças e desejos a respeito do ambiente, dos alunos e do seu comportamento. Este conjunto é representado por regras (formalismo). A partir das informações que ele recebe do ambiente, os seus desejos podem se tornar intenções. O formalismo adotado no trabalho de Giraffa (1999) foi o proposto por Móra (1999)⁴ que definiu um modelo de agentes através de seus estados mentais – crença, desejos e intenções.

⁴ MÓRA, M.C. **Um Modelo de Agente Executável**. Porto Alegre (RS): CPGCC – UFRGS, 1999.

Em Tedesco (2001) é definido um mediador como um agente para auxiliar a resolver situações de conflitos entre membros de um grupo. Foi então construído um modelo computacional a partir da abordagem BDI – *Belief, Desires and Intentions*.

A proposta deste trabalho, diferentemente dos trabalhos citados acima, é especificar um mediador como um agente baseado em objetivos que age a partir de planos. Um plano é definido por Russell & Norvig (1995, p.347) “como uma estrutura de dados que consiste de quatro componentes:

- a) Um conjunto de passos do plano;
- b) Um conjunto de passos de restrições ordenadas;
- c) Um conjunto de variáveis ligadas por restrições; e,
- d) Um conjunto de *links* de causa”.

Um agente de planejamento, como assim pode ser chamado, é um agente que constrói um plano e executa-o para atingir um objetivo. O Quadro 4.3 apresenta a descrição PAGE do **agente mediador** proposto neste trabalho.

Quadro 4.3. Descrição PAGE⁵ do Agente Mediador, conforme proposto por Russell & Norvig (1995, p. 37)

Tipo	Baseado em objetivos – agente de planejamento
Percepções	Ações dos usuários (comunicação entre eles, experimentos no ambiente)
Ações	Fazer intervenções através de mensagens de texto
Objetivos	Auxiliar o desenvolvimento do aprendizado dos usuários
Ambiente	Grupo de estudantes em um ambiente de aprendizagem colaborativo

4.4.1 O Uso de Planejamento em Sistemas Tutores Inteligentes

O uso de planejamento em sistemas tutores inteligentes tem encontrado êxito em dois principais focos. O primeiro é determinar dinamicamente qual o conteúdo do

⁵ Descrição PAGE é o acrônimo para *Percepts, Actions, Goals, Environment*.

currículo a ser trabalhado durante a sessão de tutoramento, como pode ser comprovado nos trabalhos de Liu *et al.* (1997), Woo *et al.* (1991), Cho (2000) entre outros.

Nestes sistemas o tradicional modelo do tutor (componente da arquitetura tripartite descrita na seção 2.2.1), é substituído por um sistema de planejamento, com algumas pequenas variações, como por exemplo, a existência de mais de um tipo de *planner* de acordo com sua funcionalidade. Este sistema de planejamento é responsável por decidir qual assunto da matéria focar, como apresentá-lo ao estudante e quando interromper a atividade do estudante. Esta tomada de decisão geralmente está baseada no conhecimento do domínio, no conhecimento sobre o estudante, e no conhecimento pedagógico, este último está relacionado à forma de dirigir o ensino, ou seja, aplicar o uso de diferentes estratégias pedagógicas.

O segundo foco está relacionado em aumentar a eficiência no gerenciamento do diálogo. A tarefa de gerenciar um diálogo tutoriado, é uma tarefa nada trivial. No trabalho de Freedman (2001) o tutor interage com o aprendiz através do método de análise de discurso. Nesta proposta, o autor utilizou o sistema de planejamento reativo APE (*Atlas Planning Engine*), desenvolvido pelo próprio autor como parte do projeto CAPE (*Circsim-Tutor APE Platform Experiment*). Neste sistema o tutor age de forma diretiva, suas respostas incluem “errado” e “certo”.

Nota-se que os trabalhos de Woo *et al.* (1991), de Cho (2000) e de Freedman (2001) como vários outros são partes constituintes de diversas pesquisas em torno do projeto Circsim-Tutor⁶.

No trabalho de Zin *et al.* (2002), os autores após uma análise comparativa dos modelos *Finite State Machines* (FSMs), *Form-filling* e *Dialogue Components*, propuseram um *framework* baseado na arquitetura de planejamento de diálogo 3-tier.

⁶ No site oficial do projeto Circsim-Tutor (<http://www.csam.iit.edu/~circsim/>) estão disponíveis diversos trabalhos do grupo de pesquisa.

4.4.2 Sistema de Planejamento do Mediador

O modelo do mediador está focado no uso de um sistema de planejamento como base para implementação das estratégias do mediador, com o objetivo de assistir e verificar a ocorrência de uma situação de aprendizagem. Uma situação de aprendizagem representa uma situação em que se percebe uma mudança cognitiva no aluno. Uma situação de aprendizagem pode ser mapeada como uma rede de estados observáveis. Mas como saber se, de fato, os alunos estão engajados em uma situação de aprendizagem? O capítulo 6 apresenta um exemplo de como esta situação pode ser verificada.

Por ora é importante entender os conceitos que permeiam o sistema de planejamento do mediador. Tais conceitos determinam seu modo de execução:

Planos: definem o comportamento do mediador. Cada plano possui como entrada um ou mais estados observáveis, um conjunto de ações para processar as entradas e como saída um objetivo a ser atingindo.

Estados Observáveis: os estados observáveis são as percepções do agente. São constituídos de diversas situações que ocorrem durante um curso de interação com o ambiente.

Ações: as ações são passos estabelecidos para atingir o objetivo. Neste caso, as ações são descritas em conformidade com as estratégias de mediação (seção 4.3).

Objetivo: descrição de uma situação que se quer alcançar, podendo ou não ser um novo estado observável.

Função de Monitoramento: esta função monitora a ocorrência de estados observáveis e ativa o plano correspondente a este estado.

Ambiente: local onde o agente atua. Neste caso o ambiente é composto por um grupo de estudantes que atuam em um sistema de aprendizagem colaborativa para resolução de problemas⁷.

O **agente mediador** possui diversos planos a serem executados em função de um conjunto de estados observáveis. Pode-se inferir a existência de dois conjuntos e uma função que retrata a relação existente entre eles. Desta forma temos:

Seja O o conjunto dos estados observáveis representado por $O = \{o_1, o_2, o_3, \dots, o_n\}$.
Seja P o conjunto dos planos do agente mediador representado por $P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n\}$. A relação existente entre os estados observáveis (x) e os planos (y) é uma função definida como $F(x) = y$, que significa dizer que todo estado observável possui um plano.

Os estados observáveis são descritos em forma de regras do tipo *if-then*. Pode-se dizer então que o agente mediador trabalha a partir deste sistema de planejamento.

Um **sistema de planejamento** é então descrito em termos de:

- a) Modelo - necessário para compreender o algoritmo e estabelecer classes de problemas e tipos de solução;
- b) Algoritmo - necessário para resolver os problemas;
- c) Linguagem - para representar os problemas.

Desta forma, o algoritmo pode ser descrito a partir de uma linguagem formal (lógica de 1ª ordem) onde os estados e os objetivos são descritos como conjuntos de sentenças e as ações são descrições lógicas de pré-condições e efeitos.

⁷ O capítulo 5 possui uma descrição detalhada do modelo do ambiente.

Por exemplo:

Seja o estado observável o_1 onde o número de usuários *on-line* no ambiente é maior do que o número de usuários que estão trocando mensagens.

As variáveis:

Qtde = a diferença entre a quantidade de usuários logados e a quantidade de usuários participantes da discussão;

Qtde_Log = quantidade de usuários logados;

Qtde_Particip = quantidade de usuários participando da discussão em um dado momento;

As Funções:

Executar = função que ativa a execução de um plano (função de monitoramento);

Identificar Usuário = função que identifica o(s) usuário(s) que não participa(m) da discussão. Esta função retorna a identificação do usuário que não está participando

Enviar Mensagem(usuario) = função que envia uma mensagem a um destino específico;

Espera = função para contar um tempo pré-determinado “x” antes de verificar se o usuário passou a se comunicar com os demais

Quadro 4.4. Exemplo de um plano

Estado Inicial: o_1
<u>Se</u> (Qtde_Partici) < (Qtde_Log) <u>Então</u> Qtde. \leftarrow Qtde_Log – Qtde_Partici; Executar P_1 (Qtde); Fim_Se;
Plano: p_1
Identificar Usuário; Enviar Mensagem (usuário não participativo); Espera(tempo); /* no caso de utilizar a estratégia de esperar um tempo pré-determinado “x” para verificar se o usuário aceitou bem a estratégia */ <u>Se</u> (Qtde_Partici) < (Qtde_Log) <u>Então</u> Enviar Mensagem (usuários participativos) <u>Fim_Se</u> ;
Objetivo: obj_1
Incentivar a participação de todos os usuários na troca de mensagens.

Deve haver uma função para analisar a eficiência deste plano. Desta forma, a **função de mapeamento** $F(o_1, o_1') = \text{distância}(o_1, o_1', obj_1)$, seria responsável por analisar se a situação final (o_1') se aproximou ou não do objetivo (obj_1).

4.4.3 Representação do Sistema de Planejamento do Mediador

O sistema de planejamento do mediador pode também ser representado pela Teoria das Linguagens Formais e dos Autômatos (Menezes, 1997). Cada plano sendo um Autômato Finito Determinístico (AFD). Um AFD é formalmente definido como sendo um sistema formal $M = (K, \Sigma, \delta, q_0, F)$, onde:

$K \rightarrow$ É o conjunto finito não-vazio de ESTADOS;

$\Sigma \rightarrow$ É um ALFABETO, finito, de entrada;

$\delta \rightarrow$ FUNÇÃO DE MAPEAMENTO (ou função de transição), definida em $K \times \Sigma \rightarrow K$;

$q_0 \rightarrow \in K$, é o ESTADO INICIAL;

$F \rightarrow \subseteq K$, é o conjunto de ESTADOS FINAIS;

Desta forma, cada estratégia de mediação será representada através deste sistema.

4.4.3.1 Comunicação

Para representar o funcionamento do mediador frente a uma situação de comunicação, estabeleceu-se que o mediador utiliza a primeira estratégia e depois de um tempo (a ser definido) verifica o que aconteceu. Se não obteve êxito aplica a segunda estratégia, também somente uma vez.

Para esta estratégia tem-se:

$$K = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6\}$$

$\Sigma = \{a, b, c, d\}$, este alfabeto pode ainda ser decomposto em dois. O primeiro é o alfabeto das transições do tipo ação, caracterizado por $\Sigma_{ação} = \{a, d\}$ e o segundo composto pelas transições de observação $\Sigma_{observação} = \{b, c\}$

$$\delta = \{q_0^a q_1, q_1^b q_2, q_1^c q_3, q_3^d q_4, q_4^b q_5, q_4^c q_6\}$$

$$F = \{q_2, q_5, q_6\}$$

Onde:

a = enviar uma mensagem para o usuário que não está participando da discussão

b = usuário começou a participar da discussão

c = depois do tempo “x” o usuário continua sem participar

d = enviar uma mensagem para os usuários que estão participando da discussão

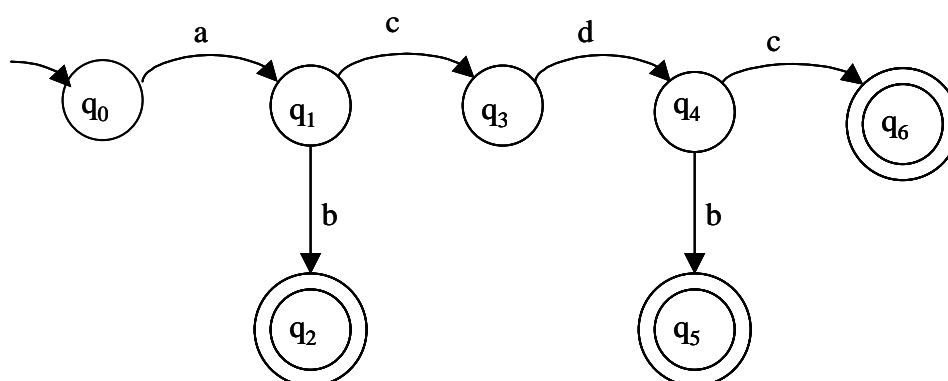


Figura 4.1. AFD da Comunicação

Este autômato pode ainda ser submetido ao processo de minimização, onde são eliminados possíveis estados inacessíveis, mortos e equivalentes. Neste caso, percebe-se a existência de casos equivalentes. Através do processo de minimização obtém-se o autômato da Figura 4.2.

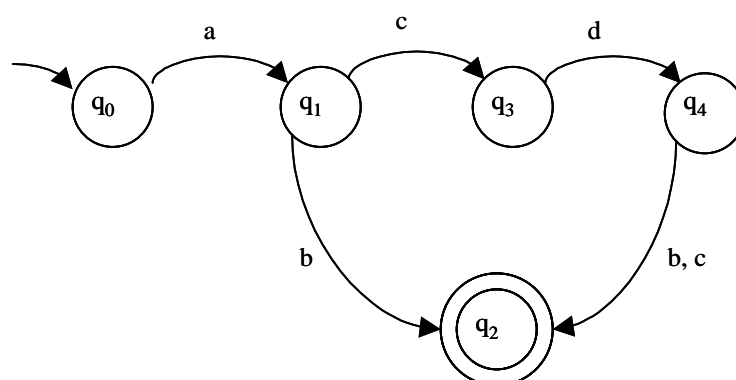


Figura 4.2. AFD Mínimo da Comunicação

Observa-se que no AFD Mínimo não se consegue verificar qual estratégia funcionou.

Comparando os autômatos das Figuras 4.1. e 4.2., verifica-se que o primeiro, apesar de ser maior, pode ser utilizado para registrar se o plano obteve êxito ou não. E em caso afirmativo, é possível relacionar qual o tipo de intervenção que favoreceu esta ocorrência. Por exemplo, se o estado final for o q_5 , pode-se inferir que foi utilizado o primeiro tipo de intervenção (a), e esta não obteve êxito, e depois foi utilizado o segundo tipo de intervenção (b) e a partir desta, o usuário passou a se comunicar com os demais.

Uma forma de resolver este problema é desenvolver uma **função de mapeamento** que relacione a seqüência das transições executadas com o resultado obtido. Desta forma, a seqüência {a, c, d, b} significa dizer que o plano obteve êxito somente após ter utilizado as duas estratégias. Já a seqüência {a, c, d, c} indica que o plano não teve sucesso, mesmo após ter utilizado as duas estratégias que possuía.

4.4.3.2 Participação na Resolução do Problema

No autômato (Figura 4.3.) desenvolvido para representar a estratégia do mediador frente à participação na resolução do problema foi considerado apenas o método de consenso para analisar a tomada de decisão.

$$K = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5\}$$

$$\Sigma_{ação} = \{a, c, f\} \text{ e } \Sigma_{observação} = \{b, d, e, g\}$$

$$\delta = \{q_0^a q_1, q_1^b q_2, q_2^c q_1, q_1^d q_3, q_3^e q_4, q_4^f q_1, q_3^g q_5\}$$

$$F = \{q_5\}$$

Onde:

a = enviar uma mensagem para o grupo solicitando que eles tomem uma decisão sobre o que deve ser feito

b = algum (ou todos) usuário(s) não respondeu(ram)

c = enviar uma mensagem dirigida ao usuário que ainda não respondeu

d = todos respondem

e = a decisão não é consensual

f = enviar uma mensagem ao grupo sugerindo que eles discutam mais até chegarem a um consenso

g = a decisão é consensual

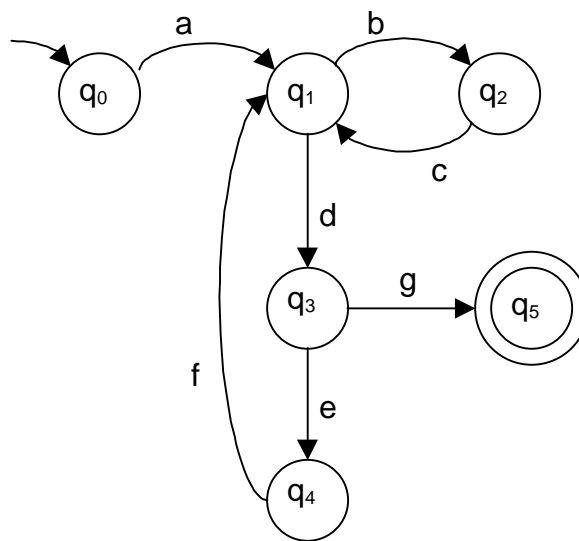


Figura 4.3. AFD da Participação na Resolução do Problema

4.4.3.3 Verificação de Ações Erradas

Neste autômato (Figura 4.4.) foi considerado que o mediador faz apenas uma intervenção quando observa que o grupo está desenvolvendo um plano de trabalho que não atingirá a solução do problema.

$$K = \{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}$$

$$\Sigma_{ação} = \{a\} \text{ e } \Sigma_{observação} = \{b, c, d\}$$

$$\delta = \{q_0^a q_1, q_1^b q_2, q_1^c q_3, q_1^d q_4\}$$

$F = \{q_2, q_3, q_4\}$

Onde:

a = enviar uma mensagem ao grupo

b = os alunos iniciam uma nova discussão através da ferramenta de *chat* e após alguns minutos iniciam um novo experimento

c = os alunos não atendem ao conselho do mediador e dão prosseguimento a esta forma de resolução

d = os alunos imediatamente (sem discussão) desfazem a última ação e executam uma outra que por sua vez pode estar correta ou errada

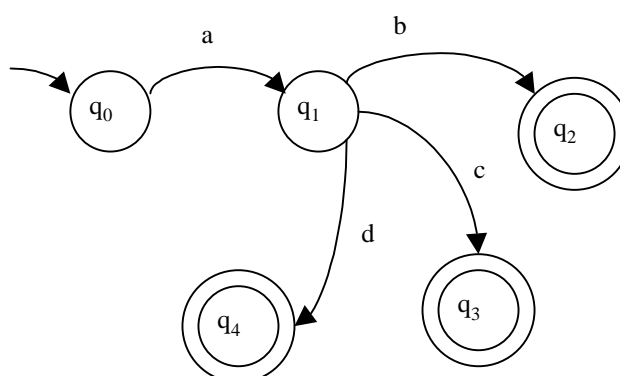


Figura 4.4. AFD da Verificação de Ações Erradas

4.4.4 Exemplificando o Funcionamento do Mediador

Para determinar com mais precisão e detalhes como efetivamente funciona o sistema de planejamento do mediador, é interessante exemplificar o seu uso. Para tanto, será utilizado o exemplo da segunda versão do protótipo desenvolvido como parte da dissertação de mestrado (Souza, 1997), denominado de CoolLab – *Cooperative Learning Laboratory* (Souza *et al.*, 2002; Rosatelli *et al.*, 2002). O capítulo 6 apresenta a descrição deste sistema em detalhes.

4.5 Considerações Finais

Acredita-se que, neste capítulo, conseguiu-se confirmar a primeira hipótese desta tese, de que a partir do estudo da teoria sócio-construtivista é possível identificar o papel do professor dentro desta abordagem e elaborar estratégias para guiar o funcionamento de um mediador computadorizado.

A reflexão sobre o papel do professor na aprendizagem colaborativa, e, por conseguinte, a elaboração destas diretrizes constituem uma orientação inicial para o desenvolvimento de CSCL fundamentados pela abordagem sócio-construtivista.

Contudo, para que de fato se tenha um guia norteador para a construção de um mediador computadorizado, alguns conceitos da perspectiva sócio-construtivista precisam ser abordados de forma mais detalhada, para responder a alguns questionamentos. É possível categorizar os tipos de erros e através desta categorização lidar com esta situação de modo diferente? Quais os modos de intervenção do professor ao detectar uma situação de conflito?

Um outro aspecto importante deste capítulo está na investigação do uso de agente de planejamento para criar o modelo computacional do mediador. Esta escolha se deve a alguns fatores pertinentes, tais como:

- a) o campo do planejamento tem enfatizado os melhores aspectos do progresso de IA (Russell & Norvig, 1995), e seu progresso é devido a diversas pesquisas investigativas e implementações em vários domínios, como espaço aéreo, manufatura e sistemas inteligentes;
- b) a complexidade dos domínios em que se tem aplicado o planejamento, tem provocado a extensão da linguagem STRIPS e o surgimento de diversos algoritmos de planejamento, inclusive tem-se discutido a implementação de uma visão unificada para a área, conforme apresentado no tutorial⁸ de Kambhampati no IJCAI-99;

⁸ Disponível em <http://rakaposhi.eas.asu.edu/ijcai-tutorial-presented-cleaned/sld008.htm>

- c) a exemplo da evolução da área de planejamento no âmbito mundial, pode-se citar o principal evento AIPS2002 – *International Conference on AI Planning & Scheduling*, o surgimento de diversos repositórios de informações na web, como é o caso do *AI Planning Resources* e do *Planning Domains*⁹, sem falar na Competição sobre Planejamento que ocorre junto ao evento. No Brasil, existem poucos grupos que trabalham nesta área, dentre os quais destaca-se um grupo de pesquisa da Universidade de São Paulo¹⁰.

Como dito anteriormente, seria interessante se o agente pudesse avaliar se o seu plano teve êxito e fosse capaz de aprender a partir disto. Ou seja, o agente teria que replanejar dinamicamente suas estratégias. O modelo formal apresentado na seção 4.4 permite que o agente conheça o resultado de seu plano, ou seja, se ele obteve êxito ou fracasso, mas este modelo não suporta o aprendizado. A principal proposta de continuidade deste trabalho é a modelagem de um agente de planejamento que possua a característica de aprendizagem.

⁹ Localizados em <http://eksl-www.cs.umass.edu/planning-resources.html> e <http://www.cs.umd.edu/projects/planning/index.html>

¹⁰ Dados disponíveis em <http://www.ime.usp.br/~leliane/semplanITS2000.html>

5 MODELO PARA MEDIAÇÃO SÓCIO-CONSTRUTIVISTA DE APRENDIZAGEM COLABORATIVA

Este capítulo descreve uma abordagem para o desenvolvimento de sistemas de aprendizagem colaborativa, baseada na utilização do modelo de mediador descrito no capítulo 4. Esta abordagem configura-se na descrição de um Modelo para Mediação Sócio-Construtivista de Aprendizagem Colaborativa.

Para o desenvolvimento de um sistema de aprendizagem colaborativa baseado no modelo proposto, é importante considerar a declaração de Struchiner *et al.* (1998, p.9) que enfatiza que

“A maior parte das atividades, num ambiente construtivista de aprendizagem, requer dos alunos uma reflexão sobre as experiências que estão desenvolvendo no momento. Estas experiências envolvem atividades como especulações, conjecturas e geração de hipóteses sobre seus possíveis resultados, manipulação do material, observação e recolhimento das evidências e elaboração de conclusões sobre os resultados. Todas estas atividades exigem reflexão enquanto estão sendo processadas.”

Adicionado à declaração destes autores, tem-se o aspecto social, pois este modelo é propício ao desenvolvimento de atividades em grupo.

As seções constituintes deste capítulo tratam da composição deste modelo, suas principais características, o processo de aprendizagem colaborativa, seus componentes e suas funcionalidades e a descrição de um cenário de aprendizagem.

5.1 Principais Características

O presente modelo pode ser visto como uma referência à criação de sistemas colaborativos que adotam a linha sócio-construtivista. Para tanto, utiliza-se de diversos meios para estimular a aprendizagem:

- a) Trabalho em grupo – pode ser realizado através de ferramentas de comunicação e colaboração;
- b) Mediação – através da figura de um mediador, o qual representa um professor sócio-construtivista;
- c) Resolução de problemas – representa o contexto de aprendizagem.

A escolha da técnica de resolução de problemas para compor a descrição do modelo proposto se justifica devido à relação existente entre esta metodologia com os pressupostos sócio-construtivistas em favorecer o surgimento de meios propícios ao desenvolvimento da aprendizagem. Por exemplo, em uma atividade de resolução de problemas o aluno tem a oportunidade de desenvolver seu lado crítico, elaborar planos (seqüência de passos) e estratégias a curto e longo prazo, realizar experimentos e comprovar seu conhecimento a partir da auto-avaliação.

Em grupo, o aluno tem a oportunidade ainda de compartilhar suas idéias, de debater, de aprender e de verificar seus enganos, conceitos errados ou mal formulados, a partir da discussão com o outro; de negociar quando existem pontos de vista conflitantes. E esta situação de conflito pode favorecer a ocorrência dos processos de reflexão e articulação.

Neste sentido, pode-se afirmar que a atividade em grupo contribui para o desenvolvimento e alcance do nível de desenvolvimento real, através das trocas e interações entre os membros do grupo. Por outro lado, como garantir as condições de presença e conservação da escala comum de valores e presença de reciprocidade?

A princípio, a escala comum de valores pode ser alcançada com mais probabilidade em indivíduos com históricos de vivência cultural e educacional semelhantes. Diante

disto, pode-se imaginar duas situações: (1) um ambiente de resolução de problemas para um grupo de alunos de uma mesma turma de um curso específico e (2) um ambiente para resolução de problemas em que, cada membro do grupo seja aluno de um curso específico mas, de diferentes localidades (diferentes Estados ou até mesmo Países diferentes). A primeira situação parece ser mais confortável para o aparecimento da escala comum de valores do que a segunda situação. Pois intrínseco à escala comum de valores estão os valores pessoais, inerentes ao meio cultural onde o indivíduo se desenvolveu.

A questão da reciprocidade parece estar bem vinculada a algumas características de personalidade, quando se refere ao autoritarismo, à submissão, à dedicação em auxiliar o outro e assim por diante.

Um modelo computacional pode favorecer o uso da atividade de resolução de problemas, quando é capaz de, automaticamente, dar um *feedback* ao(s) aluno(s) durante o desenvolvimento desta atividade e também criar interfaces que permitam a simulação de problemas do mundo real, por exemplo, simulações de problemas do cotidiano profissional. O capítulo 6 apresenta um exemplo de aplicação de uma simulação da prática de um engenheiro civil.

5.2 O Processo de Aprendizagem Colaborativa

Roschelle & Teasley (1995), definem a aprendizagem colaborativa como “uma atividade coordenada e síncrona que é o resultado de uma tentativa continuada de construir e manter uma concepção compartilhada de um problema”.

O modelo proposto acolhe esta definição, ele pode ser considerado colaborativo não apenas porque permite que vários alunos acessem o ambiente e resolvam o problema em conjunto. A proposta é que o *design* do ambiente implemente a idéia de promover a colaboração de maneira que um único aluno não consiga resolver a tarefa proposta sozinho. Sendo assim, cada aluno deve colaborar e negociar com os outros para resolver o problema.

A intenção por trás desta proposta consiste em evitar a possibilidade de algum participante ser apenas expectador do ambiente. Mas como projetar um ambiente que atenda a esta característica? Algumas idéias são pertinentes, como por exemplo, dividir as tarefas entre os membros do grupo. Uma outra sugestão seria elaborar um plano de trabalho em conjunto. E, até mesmo a etapa de tomada de decisão poderia ser implementada de forma que todos precisassem opinar e até mesmo justificar sua opinião.

De qualquer forma, vários outros métodos para garantir o trabalho em equipe podem ser criados a partir da aplicação que se almeja desenvolver. A seção 6.3 apresenta o método implementado no CoolLab (Souza *et al.*, 2002; Rosatelli *et al.*, 2002) para garantir a colaboração entre os membros do grupo.

5.3 Arquitetura do Modelo

O Modelo para Mediação Sócio-Construtivista de Aprendizagem Colaborativa possui uma arquitetura constituída de cinco componentes principais: modelo de interação, modelo do mediador, modelo de domínio, modelo de grupo e modelo individual. A relação entre eles é ilustrada através da Figura 5.1.

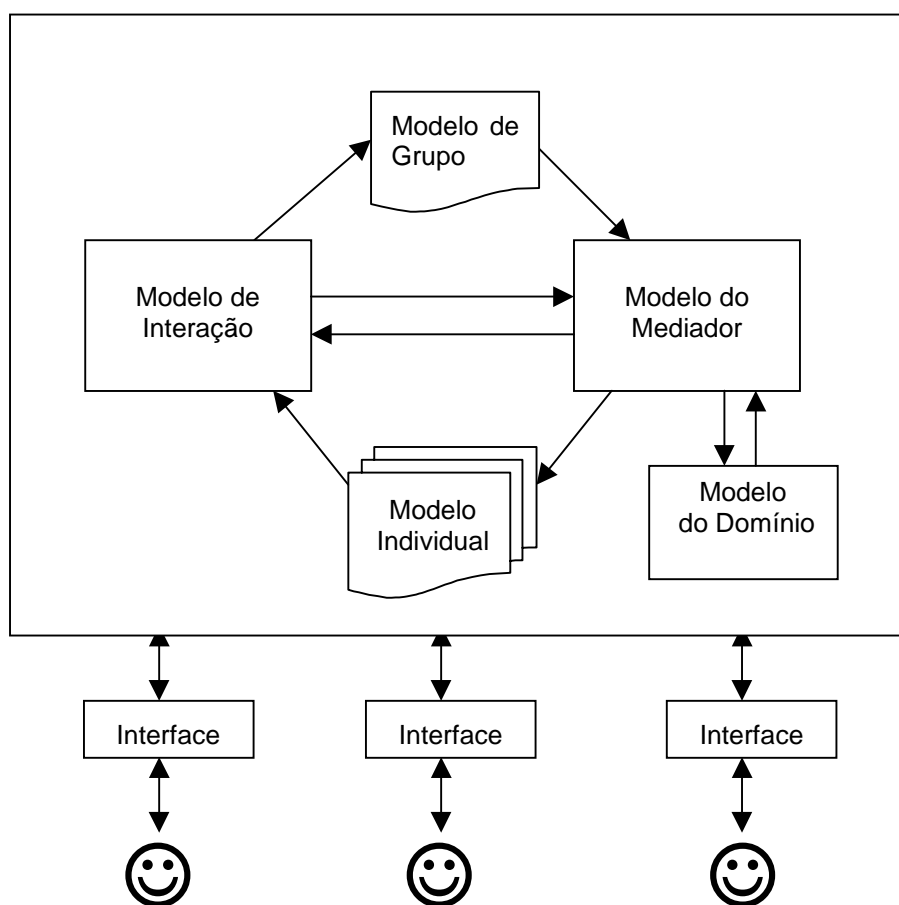


Figura 5.1. Arquitetura do Modelo

As seções seguintes explicam em detalhes cada um dos componentes que constituem a arquitetura do modelo.

5.3.1 Modelo do Domínio

O modelo do domínio refere-se à descrição das soluções para o problema apresentado. Engloba a melhor solução possível e também as soluções aceitáveis. É a base de conhecimento do domínio.

Uma estrutura hierárquica do tipo árvore pode ser uma forma simples e eficaz para a representação do domínio. Considerando cada nó como um estado possível observável (estados intermediários) e os elos entre os nós representando as ações necessárias para a mudança de estado. O nó-raiz representa o estado inicial, ou seja, o estado em que o problema é proposto. O nó-raiz pode levar a diversos nós-finais ou estados finais, os quais por sua vez, representam as diferentes soluções do problema.

De um modo geral, as diferentes soluções de um problema não são todas consideradas da mesma forma. Geralmente uma pode ser melhor do que a outra, no que concerne ao número de passos para resolvê-la, no custo da implantação, entre outros fatores.

Portanto, uma solução poderia ser classificada considerando a sua otimização. Para representar este tipo de situação, o elo entre cada nó da árvore deve possuir um valor que quantifica o quanto esta ação contribui para a solução final do problema. Isto pode ser feito com a utilização da lógica *fuzzy* ou mesmo com o uso de algum critério criado para valorar cada passo na árvore de solução.

Um exemplo pode ser encontrado no trabalho de Faraco (2003). Na implementação de seu sistema LeCo-EAD (*Learning Companion* para Ensino a Distância) o modelo do domínio também possui uma estrutura hierárquica do tipo árvore, onde a raiz é a disciplina a ser estudada pelos alunos, que possui diversas unidades sendo que, cada unidade é subdividida em conceitos. Relacionadas com cada conceito, existem questões que deverão ser respondidas pelos alunos no fim de cada unidade. Faraco desenvolveu um critério denominado de fatores de conhecimento que são valores que representam quanto cada exercício contribui para entendimento de um determinado conceito, bem como cada conceito contribui para o entendimento de uma unidade, e quanto uma unidade contribui para a compreensão da disciplina. O valor do fator de conhecimento pode variar de -1 (menos um) a 1 (um) conforme a sua contribuição.

5.3.2 Modelo de Grupo

O Modelo de Grupo contém o caminho percorrido pelo grupo na busca da solução. Este caminho pode também ser representado em forma de árvore, construída dinamicamente que servirá como referência sobre o percurso percorrido pelo grupo.

O Modelo de Grupo é utilizado para analisar o comportamento do grupo, como por exemplo, os erros cometidos. Isto é alcançado por meio do registro das intervenções feitas pelo mediador e dirigidas ao grupo, através, por exemplo, de sua estratégia de verificação de ações erradas. Este registro deve possuir a quantidade, o tipo e o tempo em que esta intervenção ocorreu.

Idealmente, o Modelo de Grupo deve ser capaz também de registrar a ocorrência de situações de aprendizagem e analisar o uso de estratégias de tentativa e erro, além é claro, de registrar o tempo utilizado pelo grupo na resolução do problema.

5.3.3 Modelo de Interação

O modelo de interação (Figura 5.2.) é o componente central de todo o sistema. A partir dele, existem fluxos de informação que entram e saem para os demais componentes (modelo de grupo, modelo individual e modelo do mediador).

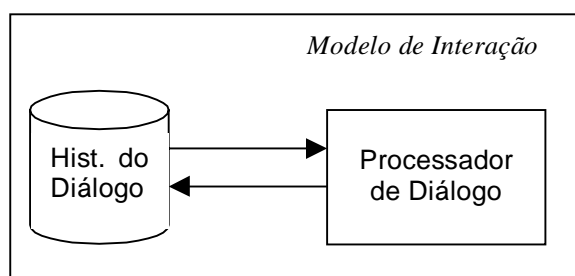


Figura 5.2. Arquitetura do Modelo de Interação

Os itens que constituem o modelo de interação são descritos a seguir em consonância com as suas funcionalidades e relações existentes entre eles e os demais componentes.

É importante documentar toda a conversação desenvolvida através da ferramenta de *chat*. Isto é feito através de uma base de dados denominada de **histórico de diálogos**. Esta base de dados provém informações para se realizar uma análise dos diálogos ocorridos entre os participantes durante as suas interações com o ambiente.

A análise do diálogo deve ser realizada dinamicamente. Um componente denominado de **processador de diálogo** é responsável por realizar esta tarefa. O tipo de análise a ser realizada está diretamente relacionado ao tipo de suporte que a ferramenta de *chat* oferece, por exemplo, uma lista de *sentence openers*.

Uma lista pré-definida de *sentence openers* é agrupada em tipos tais como afirmações, questionamentos, desafios, oposições e conclusões. Desta forma é possível prover uma análise quantitativa dos tipos de interlocuções realizadas, por exemplo, qual o número de vezes que o participante 'x' apresentou uma sugestão, quantas vezes o participante 'y' discordou e etc. Estas informações sobre a contribuição de cada participante no diálogo, são armazenadas no **modelo individual**.

Cada participante possui então o seu modelo individual que registra sua contribuição no diálogo com os demais e também o seu comportamento frente a intervenções do mediador. O **modelo do mediador** utiliza-se do **modelo de grupo** para fazer uma análise comparativa entre a solução que vem sendo desenvolvida pelo grupo e as soluções corretas que estão armazenadas no **modelo do domínio**. Quando o mediador quer utilizar alguma estratégia com um participante específico, ele primeiramente verifica no modelo individual deste participante se esta estratégia já foi utilizada e se obteve êxito ou não. Somente a partir desta interpretação o mediador decide por usar esta mesma estratégia ou uma outra, caso ele possua.

5.3.4 Modelo do Mediador

O modelo do mediador foi descrito em detalhes no capítulo 4. Sua relação com os demais modelos foi explicada na seção 5.3.3 e através da Figura 5.1. O objetivo desta seção é ilustrar de forma esquemática sua constituição através da Figura 5.3.

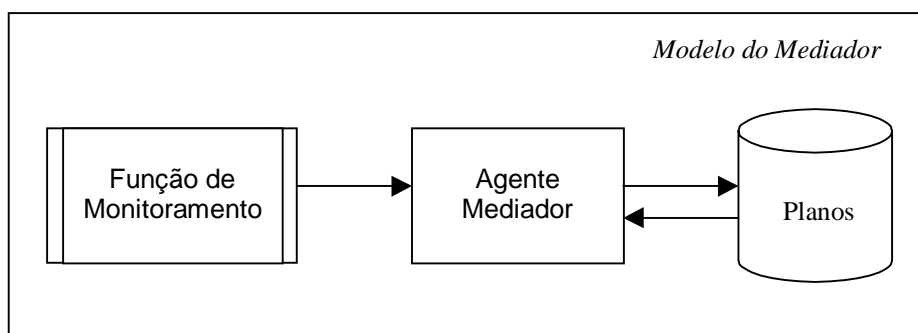


Figura 5.3. Arquitetura do Modelo do Mediador

5.3.5 Modelo Individual

O Modelo Individual é constituído das contribuições do estudante para a solução do problema, ou seja, o seu curso de interação. Ele deve ser capaz de prover um diagnóstico para cada ação do estudante, sendo que este diagnóstico é a entrada do Modelo do Mediador.

5.4 Funcionalidades do Modelo

Esta seção apresenta uma discussão sobre as funcionalidades do modelo inerentes ao suporte à comunicação e à colaboração e também aos aspectos tecnológicos relativos a sistemas distribuídos.

5.4.1 Suporte à Comunicação e à Colaboração

Para dar suporte à ocorrência da comunicação e da colaboração entre os participantes, várias ferramentas têm sido criadas para compor os Ambientes de Aprendizagem Colaborativa. As mais comumente utilizadas foram descritas na seção 2.3.2. Algumas podem ser consideradas essenciais em tais ambientes. Nesta seção discutiu-se como estas últimas podem ser utilizadas em acordo com a proposta desta tese.

Vale ressaltar que o principal papel destas ferramentas deve ser facilitar a interação dos aprendizes. Desta forma, e de acordo com a aplicação desenvolvida, pode ser necessária a existência de ferramentas que permitem a visualização da tarefa que se está realizando, por exemplo, gráficos, mapas, manipulação de objetos; ferramentas para representar o que os participantes estão aprendendo, tais como esquemas, redes semânticas, animações; e, ferramentas para automatização de tarefas como banco de dados, calculadora e etc.

5.4.1.1 Ferramenta de Chat

Como já discutido (seção 2.3.2.1) à ferramenta de *chat* podem ser adicionadas várias funcionalidades, algumas das quais podem ser consideradas mais prioritárias em certos domínios. De qualquer forma, este modelo considera relevante duas funcionalidades. A primeira é utilizar algum recurso que auxilie na categorização dos tipos de mensagens trocadas, como por exemplo, o uso de *sentence openers* (Johnson & Johnson, 1991), o que facilitaria identificar o tipo de contribuição de cada participante.

A segunda é impedir que a utilização da ferramenta de *chat* propicie a formação de sub-grupos. Para implementar esta funcionalidade, sugere-se que, mesmo quando a mensagem for dirigida a um participante em especial ela deve ser visível por todo o grupo.

5.4.1.2 Área da Lista de Participantes

É essencial que o participante possa visualizar todos os demais que estão logados na mesma sessão de trabalho. Esta área pode utilizar diferentes formas de representar os usuários *on-line*, através do seu *login*, da utilização de cores e do uso de avatares (no caso de ambientes tridimensionais).

5.4.1.3 Tomada de Decisão

Este modelo está particularmente interessado em uma proposta onde, durante todo o processo, os membros discutem sobre as idéias que cada um tem, expondo e argumentando sobre seu ponto de vista, e também ouvindo a opinião dos demais companheiros. Neste caso, a tomada de decisão consensual parece ser a mais apropriada, pois desta forma, todos no grupo estão de acordo com a decisão a ser tomada. Mas, conforme discutido na seção 2.3.2.3 a tomada de decisão pelo voto também pode ser considerada uma solução viável que pode ser implementada facilmente através de uma ferramenta de votação.

5.4.1.4 Coordenação do Tempo

Na seção 2.3.2.5 foram discutidos alguns problemas relativos à coordenação do tempo nos ambientes de aprendizagem colaborativa. Na busca da criação de mecanismos para contornar ou, pelo menos, amenizar tais ocorrências, a idéia de tempo no modelo proposto foi categorizada em três tipos: livre, parcialmente regulada e regulada.

Na primeira opção, não é necessário estipular um tempo específico, simplesmente pode-se deixar o grupo livre para resolver o problema inclusive em mais de uma sessão de trabalho.

No caso do tempo parcialmente regulado, o professor a partir de sua estimativa pessoal, pode determinar o tempo necessário para a resolução do problema. E, na terceira hipótese, o professor, estipula um tempo necessário a cada fase (se for o caso) da resolução de problema.

Nos últimos dois casos, o sistema deve executar uma cronometragem e através do mediador, alertar os estudantes quando estes estiverem próximos do limite de tempo estipulado.

5.4.2 Aspectos Tecnológicos

Alguns aspectos relativos à construção de sistemas distribuídos devem ser considerados. Geralmente tais sistemas adotam uma arquitetura cliente-servidor. O servidor trata fundamentalmente dos critérios de acesso ao ambiente, da troca de informações entre eles e da replicação de informações.

Os critérios de acesso ao ambiente propiciam o direcionamento correto das informações, por exemplo, quando um usuário pertence a um grupo específico, suas informações são repassadas somente para os colaboradores que pertencem ao mesmo grupo. Isto é importante para delimitar o número de participantes em cada grupo na resolução do problema proposto, podendo existir várias réplicas de um mesmo problema para diferentes grupos.

Cuidados relativos ao tratamento a falhas devem ser previstos e implementados. Um caso típico é quando ocorre uma desconexão acidental e/ou deliberada de um ou mais usuários do sistema. Neste caso, o sistema deve possuir uma funcionalidade que garanta a gravação das atividades que foram realizadas até o momento. Se for necessário, o sistema pode até mesmo inibir a continuidade dos trabalhos até que o usuário retorne, ou que o grupo decida por dar continuidade em outro horário.

A interface gráfica merece também atenção especial, pois representa o elo entre cada usuário e o ambiente. Desta forma, um estudo apropriado das características ergonômicas da interface e de seus componentes, se torna útil para validação do modelo apropriado.

5.5 *Vislumbrando um Cenário de Aprendizagem a partir do Modelo Proposto*

Vislumbrar um cenário de aprendizagem significa descrever uma típica sessão de trabalho a partir do modelo teórico discutido, segundo a imagem que se faz deste modelo em funcionamento. A partir então desta situação, pode-se desenvolver protótipos da aplicação dela em diversos domínios.

5.5.1 Contexto de Aprendizagem

O contexto de aprendizagem envolve a metodologia de aprendizagem por resolução de problemas aplicada a um domínio específico. A idéia do modelo é que o mediador faça uma apresentação do problema, enfocando a importância da discussão deste para se chegar a um consenso, as formas e ferramentas para se realizar esta discussão, o seu papel dentro do ambiente e o funcionamento do ambiente. Após isto, os participantes teriam acesso ao ambiente propriamente dito.

5.5.2 Processo de Colaboração

Após o reconhecimento do problema apresentado, os participantes devem colaborar, como num trabalho em grupo tradicional. Eles discutem as etapas para solução do problema e devem chegar a um acordo para construir um plano de trabalho em conjunto. Sendo assim, cada aluno deve colaborar e negociar com os demais para resolver o problema.

5.5.3 Processo de Mediação

Todo o processo de mediação está relacionado ao papel do professor numa sala de aula que segue os princípios sócio-construtivistas. Durante a sessão de trabalho, através da figura do mediador, o sistema pode fazer intervenções tanto dirigidas a um participante em especial, quanto a todo o grupo sem discriminação. O mediador pode também apresentar informações relevantes, em momentos oportunos, aos

participantes e deve ser capaz de responder a alguns questionamentos relativos ao funcionamento do ambiente e também sobre a metodologia de resolução de problemas.

5.5.4 Solução do Problema

O ambiente desenvolvido deve possuir uma interface que propicie aos participantes analisarem a execução de cada atividade pertinente à resolução do problema. Eles devem ter liberdade inclusive para desfazer e alterar ações já executadas quando perceberem que não estão no caminho correto.

5.6 Considerações Finais

Este capítulo apresentou uma proposta de Modelo para Mediação Sócio-Construtivista de Aprendizagem Colaborativa. Sua principal funcionalidade é auxiliar o desenvolvimento de sistemas de aprendizagem colaborativa que almejam seguir as diretrizes para a construção de mediadores sócio-construtivistas expostas no capítulo 4.

Com a formulação deste capítulo, pode-se confirmar a terceira hipótese desta tese em que a partir do estudo dos STIs e CSCLs é possível integrar algumas de suas funcionalidades na criação de um Modelo para Mediação Sócio-Construtivista de Aprendizagem Colaborativa.

Ressalta-se que este modelo, possui apenas os componentes básicos e primordiais para suportar o mediador. É muito provável, que outras funcionalidades necessitem ser criadas e adicionadas a este modelo para suportar o tipo de aplicação que se almeja desenvolver, pois a criação de sistemas que suportem a aprendizagem colaborativa demanda muitos recursos. Conforme observado por Pessoa *et al.* (2002) é perceptível o *gap* existente entre os estudos teóricos e o que, de fato, tem se conseguido implementar. Para auxiliar esta tarefa, algumas pesquisas têm se preocupado em especificar *frameworks* e *ontologias* (Arriada, 2001; Santoro *et al.*, 1999; Perucia & Pinho, 2002 e Pessoa *et al.*, 2002).

6 APRESENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

O modelo teórico de utilização do método de ensinar, através da resolução de problemas num contexto de aprendizagem colaborativa mediada proposto nos capítulos anteriores foi submetido a uma investigação. Neste sentido, foi demonstrada a viabilidade da aplicação do mediador em um sistema que suporte a aprendizagem colaborativa apoiada por computador no domínio da engenharia civil denominado de CooLLab – *Cooperative Learning Laboratory* (Souza *et al.*, 2002; Rosatelli *et al.*, 2002).

Neste capítulo são apresentadas a descrição do funcionamento do CooLLab, a demonstração de uma sessão de trabalho e do funcionamento do mediador nesta sessão de trabalho, a descrição do processo de resolução de problemas no CooLLab e a indicação de algumas sugestões para uma metodologia de utilização e os recursos utilizados na sua implementação.

6.1 Funcionamento do CooLLab

O CooLLab (Figura 6.1.) é um protótipo de micro-mundo com interface em realidade virtual não imersiva no domínio da engenharia civil. Possui um cenário tridimensional de uma obra residencial que apresenta problemas no arranjo estrutural devido a erros de cálculo nos elementos estruturais. Estes erros provocaram fissuras nas paredes e estruturas. Nesta fase da implementação, apenas o peso das estruturas foi considerado, porém, existem ainda outros fatores que também podem ser determinísticos para a ocorrência de fissuras, tais como umidade do ar, temperatura e fundação.

O objetivo deste sistema é proporcionar um ambiente para resolução colaborativa de problemas no domínio do projeto estrutural. O público alvo deste sistema são alunos do curso de engenharia civil que devem ser capazes de identificar os problemas, discutir e avaliar as causas dos problemas observados para então resolvê-los. Para tanto, o ambiente disponibiliza uma ferramenta de *chat*, para que eles possam conversar durante uma sessão no ambiente; uma lista dos participantes que estão

on-line, juntamente com sua representação física (avatar); um conjunto de ferramentas de trabalho, uma trena, um prumo e uma calculadora, para eles poderem realizar experimentos no ambiente; e uma janela para visualizar a planta estrutural da obra.

O micro-mundo virtual é composto de vários cenários onde cada um contém objetos e avatares que são a representação de cada usuário que está *on-line* numa sessão. O mediador também possui uma representação física no ambiente e utiliza a ferramenta de *chat* para interagir com os aprendizes. Os objetos são tridimensionais e têm atributos tais como forma, tamanho, cor, textura e outros. O comportamento dos objetos é dirigido a eventos, o que significa dizer que eles podem reagir a diferentes ações impostas pelos usuários ou outros objetos.

Os estudantes podem agir sobre os objetos, interagindo com eles através de uma lista de comandos disponibilizada pelo ambiente (parte inferior da tela ilustrada pela Figura 6.1), que ativa diferentes comportamentos. Pode-se dizer que este ambiente se caracteriza por ser uma simulação da prática de um engenheiro civil.

Do lado de fora da obra, existem diversas vigas e pilares empilhadas de diferentes tamanhos, que podem ser tomados pelos alunos para realização de testes no interior da casa. Estes testes consistem na colocação de uma viga ou pilar em determinadas posições e verificação do resultado.

A colocação de uma viga e dois pilares nos locais apropriados permitem fazer com que as fissuras desapareçam. A colocação das vigas ou pilares em locais inadequados poderão não resolver o problema, ou resolvê-lo parcialmente, ou resolvê-lo a um alto custo, caso um número excessivo de vigas sejam usadas, ou ainda comprometer mais a construção se uma viga for posicionada inadequadamente.

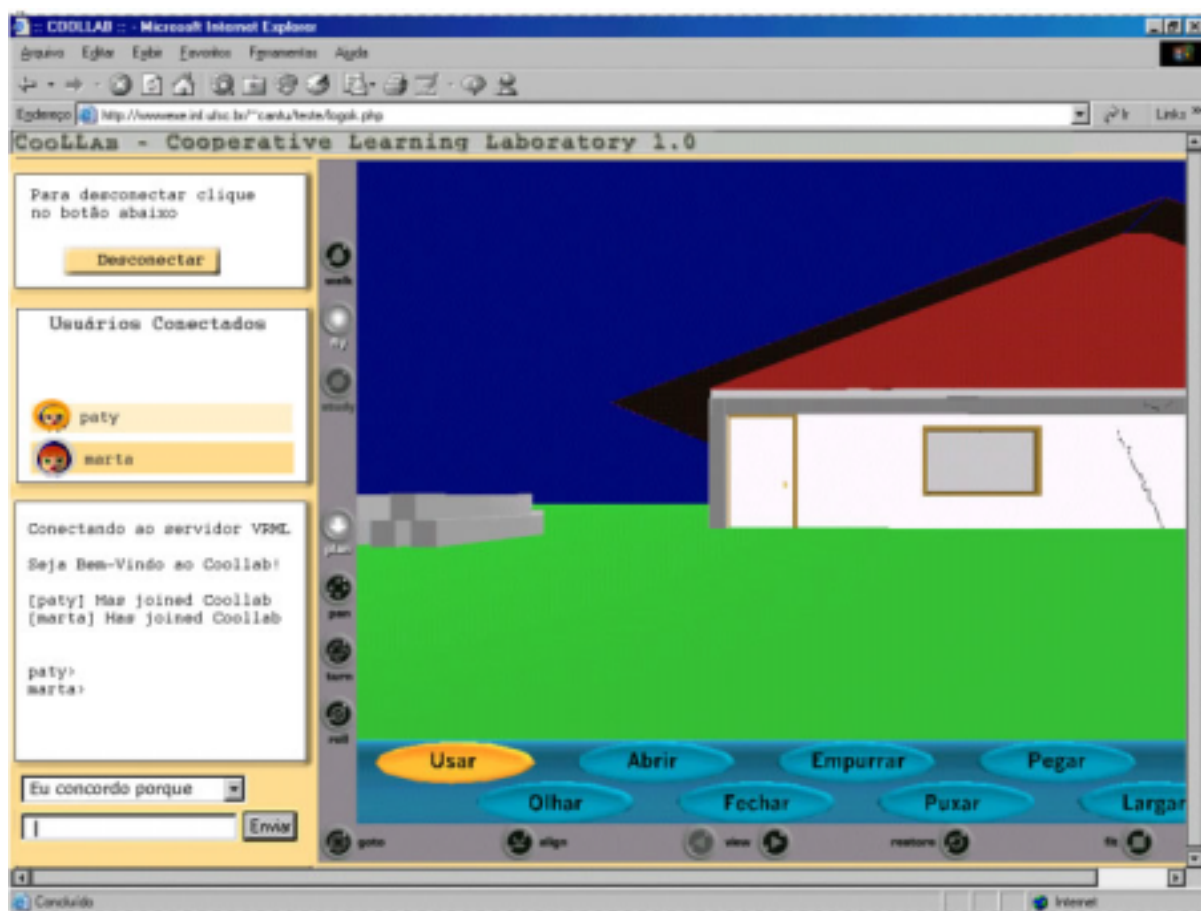


Figura 6.1. Interface Gráfica do CoolLab com visão externa da obra

6.2 Uma Sessão de Trabalho com o CoolLab

A partir do modelo teórico discutido e segundo a imagem que se faz deste modelo em funcionamento, foi descrita uma típica sessão de trabalho com o CoolLab. Esta é uma sessão hipotética que serve como referência para demonstrar o funcionamento do protótipo.

Para acessar o sistema, cada usuário possui um *login* e uma senha individual. A partir disto, o sistema carrega a 2ª tela, no qual o mediador, através da figura de um avatar, apresenta o problema a ser resolvido e explica o funcionamento do sistema, em forma textual. Na seqüência (3ª tela), o usuário escolhe um avatar para representá-lo no sistema. Feito isto, o usuário se encontra “dentro” do ambiente propriamente dito, denominado de estado inicial. O estado inicial é caracterizado

pela visão exterior da obra da casa, pois o avatar de cada usuário está posicionado na frente da obra.

Para descrever uma sessão hipotética de resolução do problema, tem-se que determinar quais seriam os passos dos usuários a partir do estado inicial. A partir do método de resolver problema composto por quatro passos proposto por Polya (1995), tem-se como objetivos dos usuários as seguintes etapas: compreensão do problema, estabelecimento de um plano, execução do plano e retrospecto.

Como este é um método que não leva em consideração o trabalho colaborativo, foram adicionados os passos inerentes à interação entre os membros do grupo. De acordo com Dillenbourg¹¹ *et al.* (*apud* Tedesco, 2001, p.20), dentro de um ambiente colaborativo podem ser evidenciados como principais processos a negociação e a argumentação. A negociação é considerada como o esforço dos membros do grupo em buscar um entendimento sobre aspectos que julgam pertinentes à realização da tarefa. Já a argumentação está relacionada aos meios de se resolver uma situação conflitante.

Diante do exposto, pode-se considerar a situação descrita a abaixo.

1. Compreensão do problema – os usuários deveriam explorar o ambiente em busca de informações. Uma possível seqüência de passos seria:

- a) entrar na casa, para conhecer o ambiente, para isto seria necessário utilizar o comando “abrir” sobre as portas que se deseja atravessar;
- b) caminhar pelos cômodos para visualizar o posicionamento e extensão das fissuras;
- c) utilizar algum comando para obter mais informações sobre quaisquer objetos, por exemplo “examinar” (comando responsável por fornecer informações sobre o objeto);

¹¹ Dillenbourg, P.; Baker, M.; Blaye A.; O'Malley C. **The evolution of Research on Collaborative Learning.** In Spada and Reimann (eds.). *Learning in Humans and Machines*, Elsevier, 1994. pp. 189-211.

- d) fazer medições (para isto deve pegar a trena e utilizá-la com o botão “usar” sobre o objeto que se quer medir);
- e) fazer cálculos (através da calculadora disponível no ambiente);
- f) analisar a planta da obra.

2. Estabelecimento de um plano – os usuários discutem entre si expondo seu ponto de vista sobre o que deve ser feito. Neste caso, podem ocorrer os processos de negociação e argumentação.

- a) uso da ferramenta de *chat* para apresentar propostas, até a formação de um plano conjunto de trabalho;
- b) durante esta etapa, pode também ser realizados experimentos dentro do ambiente, tais como medições e busca por mais informações.

3. Execução de um plano – quando o grupo decide o que fazer e resolve por em prática o plano construído.

- a) fazer medições (para isto deve pegar a trena e utilizá-la com o botão “usar” sobre o objeto que se quer medir);
- b) detectar que está faltando um pilar e duas vigas nas posições específicas;
- c) para saber qual pilar e qual viga utilizar, precisa medir o tamanho dos pilares e vigas disponíveis do lado de fora da obra (botão “usar” com a posse da trena) até encontrá-los;
- d) pegar o pilar e as vigas corretas (botão “pegar”);
- e) colocar na posição correta da casa (botão “usar”).

4. Retrospecto – como este ambiente representa uma simulação de um ambiente real, o resultado de toda a ação executada pode ser visto imediatamente. Após a sequência de ações acima, o ambiente faz um *refresh* na imagem da obra onde as fissuras simplesmente desaparecem caso a solução correta tenha sido encontrada. Entretanto, fazer um retrospecto das ações é importante para verificar se é possível chegar ao resultado por um caminho diferente. E, além disto, analisar se a solução encontrada é satisfatória e se poderia passar por um processo de refinamento para torná-la otimizada.

É importante ressaltar que o processo de interação entre os participantes pode ocorrer durante a execução de todos os passos para a resolução do problema. Pois mesmo após o grupo ter elaborado um plano conjunto, durante a sua execução, algumas dúvidas podem surgir, algum membro do grupo pode questionar alguma ação, etc.

6.3 O Processo de Colaboração no CoolLab

O protótipo implementa a idéia de promover a efetiva colaboração entre os estudantes através da:

- a) existência de ferramentas de colaboração; e
- b) restrição das habilidades dos avatares de tal modo que nenhum estudante possa executar a tarefa sozinho.

A restrições sobre as habilidades dos avatares (Souza *et al.*, 2002) implica que cada avatar possui ferramentas de trabalho diferentes. Por exemplo, se um avatar possui a trena, o outro possui o prumo ou a calculadora. Então, cada estudante tem que colaborar e negociar com outros para resolver o problema.

6.4 O Funcionamento do Mediador no CoolLab

Esta seção descreve o comportamento do mediador através do exemplo específico relatado na seção 6.2. Ela está organizada de acordo com as estratégias de mediação.

6.4.1 Comunicação

A estratégia referente à comunicação, neste caso, é a única que independe de domínio, mas está diretamente relacionada ao tipo de suporte dado à ferramenta de

chat. No caso do CoolLab, a ferramenta de *chat* disponibiliza uma lista de *sentence openers*¹² (Johnson & Johnson, 1991) para auxiliar no diálogo. Como os usuários não são obrigados a fazer uso dos *sentence openers*, as intervenções feitas pelo mediador são freqüentemente genéricas, tais como descritas no Quadro 4.1, acrescidas de algumas outras intervenções que são dirigidas ao tipo de sentença (interrogativa, negativa, contribuição, ...) elaborado pelo usuário. Com este tipo de suporte, o mediador é incapaz de fazer intervenções dirigidas ao foco do diálogo, ou seja, ao assunto em pauta.

Algumas soluções foram sugeridas para habilitar o mediador no tratamento do conteúdo do discurso quando da descrição da estratégia de comunicação apresentada na seção 4.3.

6.4.2 Participação na Resolução do Problema

De todas as opções existentes para tomada de decisão, o modelo proposto (capítulo 5) sugeriu a decisão consensual como a mais efetiva e como segunda opção a tomada de decisão por voto.

Na atual versão do CoolLab, foi implementado apenas o método de tomada de decisão por voto através de uma Ferramenta de Votação.

A estratégia do mediador é, após transcorrido um tempo de diálogo, enviar uma mensagem para todos perguntando se já decidiram o que fazer e solicitar a eles que, ao se decidirem, enviem uma mensagem aos demais através do uso do *sentence opener* “Eu concordo”.

O mediador pode usar esta estratégia mesmo quando nem todos os membros do grupo estão discutindo, mas não sem antes ter feito pelo menos uma tentativa (através da estratégia de comunicação) de conseguir que a discussão ocorra entre todos os membros.

¹² A lista de *sentence openers* disponibilizada na ferramenta de *chat* do CoolLab encontra-se no Apêndice A.

6.4.3 Verificação de Ações Erradas

O mediador monitora as ações dos usuários, verificando o uso adequado dos materiais disponíveis e a combinação destes na resolução do problema enquanto se está cumprindo uma etapa do problema. Por exemplo, suponha que os alunos decidiram pegar uma viga de tamanho inadequado e inseriram-na numa posição desnecessária, que não vai solucionar o problema. O mediador deve então identificar esta situação, ou seja, uma situação em que o problema não será solucionado e alertar os alunos sobre isto, enviando uma mensagem (sugestões no Quadro 4.1).

Feito isto o mediador observa qual a ação dos usuários após seu conselho. Isto pode resultar em três situações: (1) os alunos iniciam uma nova discussão através da ferramenta de *chat*, após alguns minutos removem a viga que haviam inserido e iniciam um novo experimento; (2) os alunos não atendem ao conselho do mediador e dão prosseguimento a esta forma de resolução, fazendo outros experimentos, medições, etc, ou seja, eles não retiram a viga da posição em que foi colocada; (3) os alunos imediatamente (sem discussão) retiram a viga da posição e a inserem em uma outra posição, que por sua vez pode estar correta ou errada.

Dado o comportamento dos alunos pode-se inferir que na situação (1) os alunos após um período de reflexão e discussão perceberam que estavam tendo uma atitude errada e então resolveram fazer uma nova análise da solução. O mediador conseguiu então cumprir o seu plano, a estratégia utilizada foi suficiente para conseguir uma situação de aprendizagem. Na situação (2), pode-se inferir que os alunos não conseguiram visualizar o erro que cometeram, então continuam a realizar as etapas que haviam previsto em seu plano de ação. Neste caso, o mediador percebe que o objetivo do seu plano não foi atingido e verifica, então, se possui uma outra estratégia para esta situação. Se existir, ele a utiliza, senão ele simplesmente não faz nada. A situação (3), pode demonstrar que os alunos podem não estar muito confiantes no seu plano de ação, e estão na verdade tentando encontrar a solução por tentativa e erro. Para que isto seja comprovado, é necessário analisar as ações seguintes, ou seja, o próximo estado.

Para que o mediador possa analisar se realmente estão ocorrendo situações de aprendizagem, ele precisa analisar o estado corrente e o estado anterior. Isto é o mesmo que dizer que, o sistema de planejamento do mediador funciona a partir da análise do comportamento dos usuários frente às ações que estes executam, dada a reação que têm mediante a intervenção do mediador e de acordo com o comportamento que eles tiveram em situações anteriores.

6.4.4 Análise da Solução Encontrada

Para por em prática alguma estratégia para analisar a solução encontrada, é necessário que seja mapeado no sistema várias soluções para o problema. Nesta versão do protótipo foi implementada apenas uma situação possível de solução.

Como este ambiente representa uma simulação tridimensional de um ambiente real, o resultado de toda ação executada pode ser visto imediatamente. Quando a solução correta for encontrada, o ambiente faz um *refresh* na imagem da obra, onde as fissuras simplesmente desaparecem.

6.5 A Resolução de Problemas no Ambiente CoolLab

O CoolLab é resultado de uma nova versão da implementação de um ambiente virtual para resolução de problemas no domínio de engenharia civil, conforme as diretrizes propostas nos capítulos 4 e 5. Para Jonassen (2000) a resolução de problemas inclui:

- a) A representação mental de uma situação no mundo, a qual pode ser externalizada como representação usando uma ferramenta representacional; e,
- b) Alguma manipulação baseada em atividade sobre o espaço do problema, através de uma representação mental interna ou uma representação física externa.

No ambiente em questão, a externalização do problema é representada através da realidade virtual não imersiva – um mundo virtual e seus elementos presentes em um cenário onde alguns problemas têm que ser resolvidos. As atividades para

resolução do problema ocorrem no mundo virtual através da manipulação das ferramentas de trabalho disponíveis e dos elementos estruturais da obra, e, da interação entre os aprendizes.

Para ajudar a desenvolver modelos de tarefas específicos para suportar a aprendizagem, Jonassen (2000) propôs uma tipologia para a resolução de problemas. De acordo com esta tipologia, os problemas apresentados no mundo virtual em questão, podem ser classificados como problemas de detecção de falhas¹³. A detecção de falhas é uma das formas mais comuns de resolução de problemas atualmente. O propósito inicial na detecção de falhas é diagnosticar o estado da falha. Isto é, alguma parte ou partes de um sistema que não estão funcionando apropriadamente, resultando num conjunto de sintomas que devem ser diagnosticados e relacionados com o conhecimento dos usuários sobre os vários estados de falhas.

Os detectores de falhas usam estes sintomas para gerar e testar hipóteses sobre diferentes estados de falhas. Quando coletando dados, gerando hipóteses e testando-as, estes refinam as hipóteses sobre os estados de falhas. Exemplos deste tipo de resolvidor de problemas são mecanismos que detectam falhas num carro com problemas e programas de computador que depuram um computador inoperável. Similarmente no CoolLab, os aprendizes se deparam com uma obra acabada mas com alguns problemas de ordem estrutural, eles devem ser capazes de identificar estes problemas, testar suas hipóteses, estudar e executar uma solução.

6.5.1 Classificação do CoolLab

Segundo a taxionomia apresentada por Santoro *et al.* (1999) discutida no capítulo 2, o CoolLab configura-se conforme o Quadro 6.1.

¹³ termo descrito pelo autor de *troubleshooting problem*

Quadro 6.1. Classificação do CoolLab

Aspectos	Sistema CoolLab
Teoria de Aprendizagem	Sócio-construtivismo; aprendizagem por resolução de problemas
Modelo de Cooperação ou Tipo de Tarefas	Manipulação de objetos comuns no espaço virtual; solução de problemas
Domínio	Engenharia Civil (projeto estrutural)
Tipos de Interação	Síncrona
Qualidade ou Grau de Interação ¹⁴	Grande
Atividades de Trabalho Cooperativo	Ferramenta de <i>chat</i> com uso de <i>sentence openers</i> Utilização de ferramentas de trabalho Awareness Ferramenta de Votação
Plataformas	www
Relação com outras Áreas de Pesquisa	Realidade Virtual; Inteligência Artificial

As atividades de trabalho cooperativo envolvem o uso de uma ferramenta de *chat* com a utilização de *sentence openers* (Johnson & Johnson, 1991) para viabilizar a troca de mensagens textuais entre os usuários, a possibilidade de visualizar planta da obra através de uma janela no ambiente.

A propriedade *awareness* (Pedersen & Sokoler, 1997) é inerente à interface tridimensional, constitui-se basicamente da figura dos avatares e do fato de permitir uma visualização instantânea das alterações no mundo virtual.

¹⁴ Não definido pelos autores qual o critério de medição para tal aspecto, assume-se que o CoolLab provê auto grau de interatividade, através dos objetos 3D, da ferramenta de comunicação e da figura do mediador.

6.6 Metodologia de Utilização do CoolLab

É notório saber que o computador, a Internet e os softwares educacionais são suportes relevantes para uma ação docente inovadora. A inovação não está somente no uso destes aparatos tecnológicos, mas indubitavelmente na postura docente perante o uso destes e frente ao trabalho de parceria que deverá ter com seus alunos.

Conforme cita Moran *et al.* (2000, p. 129)

“O convencimento e a qualidade da atuação docente num processo de aprendizagem baseados em situação-problema dependem da qualificação do professor como profissional. A consistência teórica e metodológica do professor para atuar neste novo paradigma depende da proposição de formação continuada, da oportunidade de discutir com seus pares seus sucessos e suas dificuldades, e, principalmente, de momentos que contemplem a reflexão sobre a ação pedagógica que venham desencadear novos processos de atuação em sala de aula”.

Para a maioria dos problemas de engenharia não se deve esperar uma solução original. As soluções são baseadas na busca pelas informações disponíveis. Nota-se que muitas vezes, por conta do imediatismo em resolver o problema, o estudante acaba não se dedicando primeiramente a tentar entender o que é o problema, ou seja, possuir uma definição clara do problema. Neste ponto, cabe ao professor compreender que o estudante de engenharia deve possuir, além do conhecimento, uma metodologia de trabalho. Além é claro, ter interesse pelo problema que lhe é apresentado.

Ao docente cabe determinar qual o melhor momento para inserir o uso do sistema em sua disciplina. Conforme seu conhecimento, criatividade e interesse, o docente da disciplina de Construção Civil, por exemplo, pode elaborar um projeto interdisciplinar com os colegas das disciplinas de Estrutura de Concreto Armado I e

II, Fundações ou Pontes (usando como referência a estrutura curricular do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT).

Para analisar o desempenho dos alunos, o docente pode lançar mão da base de dados dos usuários existente no sistema ou elaborar fichas de avaliação. Pode também utilizar técnicas de observação do comportamento individual e coletivo com o uso do CooLLab quando o mesmo é utilizado em laboratório de informática com a presença dos alunos e do professor.

De acordo com Bazzo & Pereira (1997, p. 95) “Nunca é demais repetir que a solução de problemas proporciona a oportunidade de adquirir desenvoltura na aplicação dos embasamentos teóricos.”

6.7 Considerações Finais

A implementação desta nova versão do CooLLab além de servir para exemplificar um tipo de ambiente que pode ser desenvolvido a partir do modelo de mediação proposto, foi útil também para verificar as dificuldades na implementação deste tipo de ambiente.

O CooLLab pode ser considerado um sistema de aprendizagem colaborativa sócio-construtivista por vários motivos. Primeiro, o CooLLab atende às questões apresentadas (seção 2.2.3) como essenciais ao processo de aprendizagem. Ele oferece um modelo de aprendizagem através da resolução de problemas, da experimentação e da atividade social. Uma vez que a resolução de problemas representa o contexto de aprendizagem, a experimentação é proporcionada pela simulação (objetos tridimensionais) de uma situação real e a atividade social é contemplada pela colaboração.

A partir do mediador o CooLLab possui um modelo que monitora o estado de interação e faz intervenções dirigidas aos aprendizes durante o curso de interação conforme um professor que adota a linha sócio-construtivista.

Através do CooLLab, pode-se implementar o significado enfatizado por Struchiner *et al.* Sobre o papel do indivíduo dentro do seu processo de aprendizagem:

“Cada indivíduo é sujeito da construção de seu próprio conhecimento, um processo individual e particular, só possível através da interação com o ambiente e com outros sujeitos e da formação de uma consciência reflexiva sobre sua aprendizagem.” (Struchiner *et al.*, 1998, p. 5).

É evidente que o CooLLab além de ser um exemplo simples, é também apenas um caso específico de implementação. Vários outros tipos de aplicações podem ser desenvolvidos a partir das diretrizes e do modelo proposto (capítulos 4 e 5). Um fator primordial na escolha deste sistema é a continuidade às pesquisas que vêm sendo desenvolvidas nesta área (Souza, 1997; Souza *et al.*, 2002; Rosatelli *et al.*, 2002).

7 CONCLUSÕES

Neste trabalho foram sistematizados alguns princípios e elementos fundamentais para a construção de ambientes de aprendizagem sócio-construtivistas a partir da elaboração das diretrizes. Há ainda poucos estudos relatados sobre experiências sócio-construtivistas de aprendizagem colaborativa, o que enfatiza a necessidade de se investir no desenvolvimento de pesquisas nesta área.

Este capítulo traz uma síntese sobre as principais contribuições desta tese, pontua as limitações e também apresenta propostas para a continuidade deste trabalho.

7.1 Contribuições

Este trabalho contribuiu para a discussão sobre a necessidade de se ter um mediador para representar o professor sócio-construtivista durante uma atividade colaborativa apoiada por computador. Através do levantamento bibliográfico sobre o estado da arte em STI e CSCL pode-se comprovar a existência de poucos sistemas embasados pela teoria construtivista e sócio-construtivista. Nenhum dos sistemas analisados possui relação direta com a abordagem apresentada nesta tese, principalmente porque nenhum deles enfoca diretamente o papel do professor enquanto mediador.

A principal diferença encontrada está no papel do professor como um personagem que deve estar incluso durante a sessão de trabalho. E não apenas depois que a atividade colaborativa já aconteceu para analisar os diálogos e as atividades desenvolvidas.

A elaboração das diretrizes é resultado do estudo do comportamento do professor que adota a linha sócio-construtivista. A partir das diretrizes um modelo formal é apresentado para auxiliar na implementação de mediadores. Através deste modelo formal, esta tese contribui para a investigação em aplicar a teoria de agentes de planejamento em um novo contexto – o comportamento do mediador.

Dentro do caráter inovativo exigido em uma tese de doutorado, acredita-se ter contribuído para a investigação na aplicação da teoria de agente de planejamento em um novo contexto dentro dos sistemas tutores inteligentes, pois o uso de planejamento em STI se dá geralmente na determinação de material instrucional a ser apresentado ao estudante e não ao comportamento do tutor como é o caso desta proposta.

Com relação a esta questão, pode-se dizer que o tipo de investigação escolhido foi um problema a ser enfrentado. Pois um agente planejador tem que efetuar um plano, respeitando condições (caso elas ocorram) para atingir um objetivo, que geralmente está associado à resolução de um problema. Acontece que o objetivo que ele quer alcançar é algo que ele é capaz de fazer. Por exemplo, agendar um encontro entre pessoas, ir ao mercado fazer compras, e etc. No caso desta proposta, o objetivo do agente é esperar por uma mudança no comportamento do usuário, e isto pode não ocorrer. O que ele faz nesta situação? Por vezes, chegou-se a pensar que o planejamento não poderia ser utilizado nesta situação.

Desta forma, o mediador possui planos em que após executado, nota-se que não há mudança no estado observável que ativou tal plano. Relacionado a esta situação está o fato de que não existe uma condição para que os aprendizes sigam o conselho do mediador. Entretanto, é importante registrar que mesmo em uma situação em que o aprendiz não faz nada, ou seja, não atende ao conselho do mediador, esta pausa pode ser considerada como benéfica ao processo de reflexão. Acredita-se que, o simples fato do aprendiz parar para ouvir o mediador, pode muitas vezes fazer com que ele reflita sobre o que lhe foi sugerido. Neste momento ele então faz uma análise de seu estado mental frente ao conselho que lhe foi dado. Então se decide por aceitar ou não esta sugestão.

Ao criar um Modelo para Mediação Sócio-Construtivista de Aprendizagem Colaborativa, esta proposta auxilia o desenvolvimento de ambientes CSCLs que possuem como um de seus componentes o mediador. Além disto, este modelo é independente de domínio, permitindo o desenvolvimento de sistemas colaborativos em diversas áreas do conhecimento.

7.2 Limitações e Trabalhos Futuros

A proposta das diretrizes para a construção de mediadores pode ser vista como uma orientação inicial. Para que estas diretrizes de fato possam ser consideradas como um guia norteador para a implementação de mediadores computadorizados são necessárias mais algumas investigações.

Em primeiro lugar, ainda existem alguns conceitos da perspectiva sócio-construtivista que precisam ser abordados, como por exemplo, o papel do professor quando identifica uma situação de conflito. Para tanto, um estudo mais aprofundado desta teoria se faz necessário.

Uma outra questão está relacionada ao modelo formal do mediador. Um estudo sobre sistemas de replanejamento e agentes com características de aprendizagem deve ser feito com o intuito de fazer com que o mediador possa aprender a partir da avaliação do *feedback* sobre a estratégia utilizada com a finalidade de tornar o processo de mediação mais efetivo. No modelo descrito, o mediador é incapaz de fazer intervenções dirigidas ao foco do diálogo, ou seja, ao assunto em pauta. Para tornar o mediador capaz de interpretar e responder a quaisquer questionamentos dos aprendizes são necessárias investigações em sistemas de tratamento de linguagem natural e sistemas que lidam com o gerenciamento de diálogo.

Uma das limitações deste trabalho foi à ausência de um experimento empírico com o protótipo implementado. Esta limitação pode ser vista também como fruto para novas pesquisas que objetivam avaliar e validar esta proposta formalmente. Desta forma, estudos empíricos devem ainda ser realizados para auxiliar na avaliação do CoolLab. A principal questão na avaliação é a preocupação sobre a efetividade da colaboração. A idéia é investigar a ocorrência de relações de interdependência e quais os efeitos delas sobre o processo de aprendizagem. Alguns aspectos que se espera observar são o grau de corretude da solução, o uso de estratégia de tentativa e erro, o tempo que o grupo gastou para resolver o problema, o número e o tipo de mensagens trocadas e as contribuições de cada um para a solução do problema. Um estudo empírico pode também ser útil para fornecer dados sobre a usabilidade do sistema e sobre a tecnologia de realidade virtual, tais como interface, navegação, orientação e presença.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKHRAS, Fabio N. & SELF, John A. **System Intelligence in Constructivist Learning**. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 2000. Vol.11. pp. 344 – 376.

ARRIADA, Mônica C. **Critérios para a Análise de Ferramentas Computacionais de Apoio à Aprendizagem Cooperativa**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UFSC, Florianópolis (SC).

ARROYO, Ivon; BECK, Joseph E.; SCHULTZ, Klaus & WOOLF, Beverly P. **Piagetian Psychology in Intelligent Tutoring Systems**. In S.P. Lajoie & M. Vivet (Eds.), Proceedings of 9th International Conference on Artificial Intelligence in Education – AI-ED'99. Amsterdam: IOS Press, 1999. pp. 600 – 602.

ASCENCIO, Ana F. G. **Método Heurístico para Projetos de Interfaces Inteligentes com Usabilidade**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UFRGS, Porto Alegre (RS).

AZENHA, Maria da Graça. **Construtivismo: de Piaget a Emilia Ferreiro**. 5^a ed. São Paulo: Atica, 1997. ISBN 8508044755.

BARROS, Leliane N. **Planejamento em Inteligência Artificial**. Notas de Aula. Disponível em <<http://www.ime.usp.br/~leliane/semplanITS2000.html>>. Acesso em 01 mai. 2003.

BAZZO, Walter ^a & PEREIRA, Luiz T. V. **Introdução à Engenharia**. 5^a Ed. Florianópolis (SC): Editora da UFSC, 1997. 272 p. ISBN: 85-7282-038-8

BELL, Benjamin. **(somewhat) Intelligent Learning Environments: How many small steps can we take before we need a giant leap?** 1999. Disponível em <<http://vision.arc.nasa.gov/IHH/Seminars/sem03-25-99.html>>. Acesso em 01 ago. 2001.

BREARLEY, Molly & HITCHFIELD, Elizabeth. **Guia Prático para Entender Piaget**. São Paulo: IBRASA Editora, 1973.

BICA, Francine. **Eletrotutor III: Uma Abordagem Multiagente para o Ensino à Distância**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UFRGS, Porto Alegre (RS).

BORNER, Kate; LIN, Yu-Chen. **Visualizing Chat Log Data Collected in 3-D Virtual Worlds**. Proceedings of Fifth International Conference on Information Visualization, 2001. pp. 141 –146.

CAMPOS, Fernanda C. ^a; ROCHA, Ana R. C. da & CAMPOS, Gilda, H. B. **Design Instrucional e Construtivismo: em Busca de Modelos para o Desenvolvimento de Software**. 1998. Disponível em <<http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie98/250M.html>>. Acesso em 23 mar. 2001. (Artigo apresentado no RBIE/98).

CHO, Byung-in. **Dynamic Planning Models to Support Curriculum Planning and Multiple Tutoring Protocols in Intelligent Tutoring Systems**. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy). Computer Science in the Graduate College of the Illinois Institute of Technology. Chicago, Illinois.

CHOU, Chih-Yueh; LIN, Chi-Jen & CHAN, Tak-Wai. **User Modeling in Simulating Learning Companions**. In S.P. Lajoie & M. Vivet (Eds.), Proceedings of 9th International Conference on Artificial Intelligence in Education. Amsterdam: IOS Press, 1999. pp. 277 – 284.

COHEN, Marcelo; MACEDO, Daniela R. De; JAQUES, Patrícia A. & MORA, Michael da C. **Collaborative Learning Tools as Part of an Open Architecture**. In Frontiers in Education Conference – 30th ASEE/IEEE-FIE, 2000. 18-21 Oct. 2000. pp. F3D/6 – F3D/10. Vol.2. Kansas City, MO, USA.

COSTA, A. R. F. **Estudo das Interações Interindividuais em Ambiente de Rede Telemática**. 1995. Tese (Doutorado em Psicologia do Desenvolvimento) – Programa de Pós-Graduação em Psicologia do Desenvolvimento, UFRGS, Porto Alegre (RS).

COSTA, Rosa M. E. M. da; SANTOS, Neide & ROCHA, Ana R. C. da. **Diretrizes Pedagógicas para Modelagem de Usuário em Sistemas Tutoriais Inteligentes**. Taller software onal de software Educativo – TISE97, 1997.

DILLENBOURG, Pierre. **What Do You Mean By “Collaborative Learning”?** In P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative Learning: cognitive and computational approaches*. UK: Elsevier Science Ltd., 1999. pp. 1 – 19.

DIMITROVA, Vania G. **Interactive Open Learner Modelling**. 2001. Thesis (Doctor of Philosophy). Computer Based Learning Unit and School of Computing of the University of Leeds. Leeds (UK).

DUARTE, Newton. **A Escola de Vigotski e a Educação Escolar – algumas hipóteses para uma leitura pedagógica da psicologia histórico-cultural**. 1995. Disponível em <<http://www.geocities.com/Athens/Ithaca/3745/odonto/VIGOTSKY.Htm>>. Acesso em 23 jul. 2003.

FARACO, Rafael ^a **LeCo-EAD: Um Sistema *Learning Companion* para Ensino a Distância**. 2003. Qualificação (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis (SC).

FREEDMAN, Reva. **Na Approach to Increasing Programming Efficiency in Plan-Based Dialogue Systems**. In J.D. Moore *et al.* (Eds.), *Proceedings of 10th International Conference on Artificial Intelligence in Education*. Amsterdam: IOS Press, 2001. pp. 201 – 209.

GARNIER, Catherine *et al.* **Após Vygotsky e Piaget: perspectiva social e construtivista. Escolas russa e ocidental**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. ISBN 85-7307-148-6.

GAVRILOVA, Tatjana; VOINOV, Alexander & CHERNIGOVSKAYA, Tatjana. **Student Modelling for Multi-Agent Intelligent Tutoring Systems**. In S.P. Lajoie & M. Vivet (Eds.), *Proceedings of 9th International Conference on Artificial Intelligence in Education*. Amsterdam: IOS Press, 1999. pp. 676 – 678.

GIRAFFA, Lucia M.M. **Uma Arquitetura de Tutor Utilizando Estados Mentais**. 1999. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UFRGS, Porto Alegre (RS).

HALFF, H.M. **Curriculum and Instruction in Automated Tutors**. In . Polson, M. & Richardson, J. J. Lawrence Erlbaum Associates Publishers Foundations (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems*. New Jersey, 1988. pp. 79-108.

HARTLEY, P. **Group Communication**. Routledge, 1997.

HOPPE, H. Ulrich & PLOETZNER, Rolf. **Can Analytic Models Support Learning in Groups?** In P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative Learning: cognitive and computational approaches*. UK: Elsevier Science Ltd., 1999. pp. 147 – 168.

IQBAL, Arif; OPPERMANN, Reinhard; PATEL, Ashok & KINSHUK. **A Classification of Evaluation Methods for Intelligent Tutoring System**. *Software Ergonomie'99 – Design von Informationswelten*. B.G. Teubner Stuttgart, Leipzig: 1999. pp. 169 – 181. ISBN 3-519-02694-5.

JERMANN, Patrick; SOLLER, Amy & MUEHLENBROCK, Martin. **From Mirroring to Guiding: A Review of State of the Art Technology for Supporting Collaborative Learning**. In *Proceedings of 1st European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning*. Euro-CSCL'2001. Maastricht, The Netherlands, 2001. pp. 324 – 331.

JOHNSON, D. W. & JOHNSON, R. T. **Learning Together and Alone**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991.

JOHNSON, D. W. & JOHNSON, F. P. **Joining Together: Group Theory and Group Skills**. Allyn and Bacon, 1997.

JONASSEN, D. H. **Toward a Design Theory of Problem Solving**. *Educational Technology, Research and Development*, 48 (3), 2000. pp. 63-87.

KUMAR, A.; PAKAL, R.; RAGADE, R. K.; WONG, J. P. **The Virtual Learning Environment System**. *Frontiers in Education Conference*, 1998. FIE '98. 28th Annual , Vol. 2 , 4-7. Nov, 1998. pp. 711 –716.

KUMINEK, P. A. & PILKINGTON, R. M. **Helping the tutor facilitate debate to improve literacy using CMC.** Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. 2001. pp. 261 –262

LEITE, Auri de Sá & OMAR, Nizam. **Combining Artificial Intelligence and Human Problem Solving: Proposing a New Architecture for ITS's.** In S.P. Lajoie & M. Vivet (Eds.), Proceedings of 9th International Conference on Artificial Intelligence in Education. Amsterdam: IOS Press, 1999. pp. 645 – 647.

LELOUCHE, R. **A Collection of Pedagogical Agents for Intelligent Educational Systems.** In C. Frasson, G. Gauthier & K. VanLenh (Eds.), Lecture Notes in Computer Science Vol. 1839, (Proceedings of 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems). Berlin: Springer–Verlag, 2000. pp. 143–152.

LEVIN, J. & MOORE, J. **Dialogue Games: meta-communication structures for natural language interaction.** Cognitive Science, Volume: 1, n^o. 4, 1977. pp. 395 – 420.

LIU, Yaowei; LAI, Wei; KEONG, Wong Kin. **Multi-level Navigation for Curriculum Planning in Intelligent Tutoring Systems.** IEEE International Conference on Intelligent Processing Systems – ICIPS '97. 1997, Volume: 2, 28-31 Oct 1997. pp. 1151 –1154.

MEIGUINS, Bianchi S.; MEIGUINS, Breno S.; GUEDES, Luiz A.; SOUSA, Marcos P. A. De; GARCIA, Marcelo de B. **Uma Ferramenta Multi-Usuário e Colaborativo para o Auxílio ao Ensino de Circuitos Elétricos.** Proceedings of V Symposium on Virtual Reality. Fortaleza (CE), outubro de 2002. pp. 126 – 137.

MENEZES, Paulo B. **Linguagens Formais e Autômatos.** Série Livros Didáticos, Sagra Luzzato Editores: Porto Alegre, 1997.

MIAO, Yongwu & HAAKE, Jörg M. **Supporting Problem Based Learning by a Collaborative Virtual Environment: A Cooperative Hypermedia Approach.** Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences. 2001.

MOLINA, Maurício L. A. & AZEVEDO, Waldyr Jr. **Uma Experiência em Educação Assistida por Redes**. 2002. Disponível em <<http://www.Educeng.ufjf.br/viii/eee36.pdf>>. Acesso em 30 jul. 2003. Publicado nos Anais do VIII Encontro de Educação em Engenharia.

MORAES, Maria C. **O Paradigma Educacional Emergente**. Campinas, SP: Papirus, 1997. 5ª ed. ISBN 85-308-0478-3.

MORAN, José M.; MASETTO, Marcos T. & BEHRENS, Marilda A. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. Campinas (SP): Papirus, 2000. pp. 173. ISBN 85-308-0594-1

MOREIRA, Marco A. (org). **Ensino e Aprendizagem: Enfoques Teóricos**. São Paulo: Editora Moraes, 1985. 2ª ed.

NITZKE, Julio A. **Estratégias de Ensino**. 1998. Disponível em <<http://penta.ufrgs.br/~julio/tutores/estrateg.htm>>. Acesso em 23 mar. 2001.

OLIVEIRA, Marta K. De. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 2002. 4ª ed. ISBN 85-262-1936-7.

PEDERSEN, Elin R. & SOKOLER, Tomas. **AROMA: Abstract Representation of Presence Supporting Mutual Awareness**. In Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems – CHI 1997. ACM Press. pp. 51-58. Disponível em <<http://www.acm.org/sigchi/chi97/proceedings/paper/erp.htm>>. Acesso em 28 jul. 2003.

PERUCIA, Alexandre S. & PINHO, Márcio S. **Ferramenta de Suporte à Construção de Ambientes Virtuais Colaborativos**. In Proceedings of V Symposium on Virtual Reality (SVR2002). Fortaleza (CE), 2002. pp. 115 – 125.

PESSOA, José M.; NETTO, Hylson V. & MENEZES, Crediné S. **FamCorA: um framework para a construção de ambientes cooperativos inteligentes de apoio à aprendizagem na Internet baseado em web services e agentes**. In Pinto, Sérgio C. C. S. (Ed.). Anais XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE2002). São Leopoldo (RS): Editora Unisinos, 2002. pp. 94 – 104.

POLYA, G. **A Arte de Resolver Problemas: um novo aspecto do método matemático.** In Araújo, Heitor L. De (Trad.). Rio de Janeiro: Interciência, 1995. 2ª reimpr.

POZO, Juan Ignacio (Org.). **A Solução de Problemas: aprender a resolver, resolver para aprender.** Echeverría, María del Puy Péres; Castillo, Jesús Domínguez; Crespo, Miguel Ángel Gómez; Angón, Yolanda Postigo. Porto Alegre: Artmed, 1998. Pp. 177. ISBN 85-7307-356-X

REIS, Alessandro B. Dos, **Um Modelo de Aluno Adaptativo para Sistemas na Web.** 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UFRGS, Porto Alegre (RS).

ROSA, Sanny S. da. **Construtivismo e Mudança.** São Paulo: Cortez, 2000. 7ª ed. Coleção Questões da Nossa Época. Vol. 29. ISBN 85-249-0523-9.

ROSATELLI, Marta C. **Novas Tendências da Pesquisa em Inteligência Artificial na Educação.** In R. C. Nunes (Ed.). Escola de Informática da SBC Sul. Porto Alegre (RS): Editora da UFRGS, Maio, 2000. pp. 179-208. ISBN: 85-7025-55.

ROSATELLI, Marta C. **Um Ambiente Inteligente para Aprendizado Colaborativo no Ensino a Distância Utilizando o Método de Casos.** 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis (SC).

ROSATELLI, Marta C; SOUZA, Patricia C.; WAZLAWICK, Raul S. & MONTEIRO, Rogério C. **CooLLab: A proposal for Cooperative Problem Solving in Civil Engineering.** In Proceedings of V Symposium on Virtual Reality (SVR2002). Fortaleza (CE), 2002. pp. 53 – 64.

ROSHELLE, J. & TEASLEY, S. **The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving.** In: C. E. O'Malley (Ed.). Computer Supported Collaborative Learning. Berlin: Springer-Verlag, 1995. pp. 69 – 100.

ROUANE, Khalid; FRASSON, Claude & KALTENBACH, Marc. **LKC: Learning by Knowledge Construction**. In Cerri, S. A., Gouardères, G. & Paraguaçu, F. (Eds.). *Intelligent Tutoring Systems: 6th International Conference (ITS2002)*. Biarritz, France and San Sebastian, Spain, June 2-7,2002. Proceedings. Vol. 2363. ISSN: 0302-9743. pp. 188–198.

RUSSELL, S. J. & NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. New Jersey: Prentice Hall, Inc, 1995. ISBN 0-13-103805-2.

SANTORO, Flávia M.; BORGES, Marcos R. S. & SANTOS, Neide. **Um Framework para Estudo de Ambientes de Suporte à Aprendizagem Cooperativa**. *Revista Brasileira de Informática na Educação*. N^o. 4. Abril, 1999. pp. 51 – 68. ISSN 1414-5685.

SANTOS, Neide. **Estado da Arte em Espaços Virtuais de Ensino e Aprendizagem**. *Revista Brasileira de Informática na Educação*. N^o. 4. Abril, 1999. pp. 75 – 94. ISSN 1414-5685.

SELF, John. **The Defining Characteristics of Intelligent Tutoring Systems Research: ITSs care, precisely**. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1999. Vol.10. pp. 350-364.

SILVA, Valdete T. **Módulo Pedagógico para um Ambiente Hipermídia de Aprendizagem**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis (SC).

SILVEIRA, Ricardo A; BICA, Francine & VICCARI, Rosa. **Educação a Distância: do Paradigma de Tutores Inteligentes a uma Arquitetura Multiagentes**. In: V Congresso Internacional de Educação a Distância. São Paulo: 1998. Disponível em <<http://www.inf.ufrgs.br/~francine/abed98/abed98.html>>. Acesso em 16 mar. 2001.

SILVEIRA, Ricardo A. **Inteligência Artificial em Educação: um Modelo de Sistema Tutorial Inteligente para Microcomputadores**. 1992. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, PUC/RS, Porto Alegre (RS).

SILVEIRA, Ricardo A. **Eletrotutor II: um Tutor na Web**. 1996. Trabalho Individual (Doutorado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UFRGS. Porto Alegre (RS).

SILVEIRA, Ricardo A. **Modelagem Orientada a Agentes Aplicada a Ambientes Inteligentes Distribuídos de Ensino: JADE – Java Agent Framework for Distance Learning Environments**. 2000. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, UFRGS, Porto Alegre (RS).

SOBRAL, Maria E. G. & FERREIRA, Maria A. G. V. **Tutores Inteligentes para Ambientes de Ensino-Aprendizagem Cooperativos**. In Brito, Cláudio R. & Ciampi, Melany M. (Eds.). Anais VII International Conference on Engineering and Technology Education, INTERTEC, 2002. São Paulo, 17 –19 Mar. (cd-rom)

SOUZA, Patricia C. **Sistema de Autoria para Construção de “Adventures” Educacionais em Realidade Virtual**. 1997. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, UFSC, Florianópolis (SC).

SOUZA, Patricia C. **A Metáfora dos Ambientes de Aprendizagem Construtivistas**. Caderno de Resumos do IV Encontro de Educação da Universidade de Cuiabá. Cuiabá (MT), 2000. pp 24.

SOUZA, Patricia C.; ROSATELLI, Marta C. & WAZLAWICK, Raul S. **A Collaborative Virtual Environment for Problem Solving in Civil Engineering**. In Paul Brna & Darnia Dicheva (eds.). International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning. Vol. 12. N^{os}. 5/6, 2002. pp. 472 – 484.

STRUCHINER, Miriam; REZENDE, Flavia; RICCIARDI, Regina M. V. & CARVALHO, Maria A. P. **Elementos Fundamentais para o Desenvolvimento de Ambientes Construtivistas de Aprendizagem à Distância**. Tecnologia Educacional – V. 26 (142), jul/ago/set, 1998.

TEDESCO, Patricia C. A. R. **Mediating Meta-Cognitive Conflicts in Group Planning Situations**. 2001. Thesis (Doctor of Philosophy). Computer Based Learning Unit and School of Computing of the University of Leeds. Leeds (UK).

TAJRA, Sanmya F. **Comunidades Virtuais: um fenômeno na sociedade do conhecimento**. São Paulo: Érica, 2002. ISBN: 85-7194-902-6

URESTI, Jorge A. R. **Shoud I Teach My Computer Peer? Some Issues in Teaching a Learning Companion**. In C. Frasson, G. Gauthier & K. VanLenh (Eds.), Lecture Notes in Computer Science Vol. 1839, (Proceedings of 5th Intenational Conference on Intelligent Tutoring Systems). Berlin: Springer–Verlag, 2000. pp. 103 – 112.

VEERMAN, Arja L.; ANDRIESSEN, Jerry E. B. & KANSELAAR, Gellof. **Collaborative Learning through Computer-Mediated Argumentation**. Position Paper, Computer-Supported Collaborative Argumentation for Learning Communities, CSCL'99 Workshop. 11th-12th Dec., 1999. Stanford University.

VICCARI, Rosa M. **Sistemas Tutores Inteligentes: Abordagem Tradicional x Abordagem de Agentes**. XIII Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial – XIII SBIA. SBC: Curitiba (PR), 1996.

WILEY, David. **Peer-to-Peer and Learning Objects: The New Potential for Collaborative Constructivist Learning Online**. In Okamoto, T., Hartley, R., Klus, K., Klus, J.P. (Eds.). Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. Madison, WI, USA, 6-8 Aug., 2001. pp. 494 – 495. ISBN 0-7695-1013-2.

WOO, Chong W.; EVENS, Martha; MICHAEL, Joel; ROVICK, Allen. **Dynamic Instructional Planning for an Intelligent Physiology Tutoring System**. Computer-Based Medical Systems, 1991. Proceedings of the Fourth Annual IEEE Symposium , 12-14 May 1991. pp. 226 – 233.

ZACHARIAS, Vera L. C. F. **Abordagens Comparativas – pesquisa e compare, reflita ...** Disponível em <<http://www.centrorefeducacional.com.br/compara.html>>. Acesso em 26 jul. 2003.

ZINN, Claus; MOORE, Johanna D. & CORE, Mark G. **A 3-Tier Planning Architecture for Managing Tutorial Dialogue.** In Cerri, S. A., Gouardères, G. & Paraguaçu, F. (Eds.). *Intelligent Tutoring Systems: 6th International Conference (ITS2002)*. Biarritz, France and San Sebastian, Spain, June 2-7,2002. Proceedings. Vol. 2363. ISSN: 0302-9743. pp. 574–584.

APÊNDICE A – Lista de *Sentence Openers*

Sim ...

Eu concordo porque ...

Eu entendo que ...

O interessante desta idéia é que ...

Vamos concluir que ...

Não ...

Eu discordo porque ...

Eu não entendo o que ...

Por que você acredita que ... ?

Você concorda que ... ?

O que você acha de ... ?

A minha idéia é

Eu proponho ...

Eu acho que ...